

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CENTRAL PAULISTA CURSO DE
FISIOTERAPIA**

DEISE LILIAN COSTA DIAS

**CINÉTICA DO VOLUME MÁXIMO DE OXIGÊNIO NO TESTE DE DEGRAU
EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA**

São Carlos

2020

DEISE LILIAN COSTA DIAS

**CINÉTICA DO VOLUME MÁXIMO DE OXIGÊNIO NO TESTE DE DEGRAU
EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Fisioterapia do Centro Universitário Central Paulista como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Kamilla Tays Marrara Marmorato

Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Audrey Borghi Silva

São Carlos

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me dar forças para concluir este trabalho de forma satisfatória, e que me guiou mostrando os caminhos a serem percorridos, socorreu nas horas das angústias e me deu forças em todos os momentos da minha vida, sem ele nada seria possível.

Ao meu noivo Guilherme, aos meus pais Sueli e Jesus e irmãos Gabriel e Samuel, agradeço o apoio incondicional em todos os momentos difíceis na minha trajetória acadêmica, e por todo carinho, afeto e dedicação que me deram durante toda a minha existência, no qual foram os maiores incentivadores da realização dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse e por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades ao longo da minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas em todos os momentos da minha vida. Além de que, foi o autor do meu propósito, que abrilhantou em mim esse amor incondicional pela Fisioterapia.

A minha família, em especial mãe Sueli e pai Jesus, deixo o meu enorme agradecimento, hoje sou uma pessoa realizada e feliz porque não estive sozinha nesta longa caminhada, em que vocês foram minha proteção, além de terem me proporcionado todas as condições possíveis para a minha formação

Gostaria de agradecer ao meu noivo Guilherme Ruiz, o grande incentivador e companheiro, que se desdobrou em esforços para me ajudar durante estes cinco anos, tornando assim meu sonho em realidade. Obrigada por ser tão atencioso, por entender minha ausência em diferentes momentos, por ouvir minhas lamentações e pelo seu amor incondicional.

A todas minhas amigas, Manoela, Dayana, Bianca, Giovana e Gabriela meu muito obrigado, vocês foram fundamentais para minha formação, e que me acompanharam, me encorajando e apoiaram todos esses anos no que fosse necessário, por isso merecem o meu eterno agradecimento.

A todos os professores que foram responsáveis pela minha formação nestes cinco anos, deixo minha gratidão pela paciência e o esforço de todos sem exceção.

Agradeço a minha orientadora Kamilla Tays Marrara Marmorato, coorientadora Audrey Borghi Silva e Renan Shida Marinho, bem como equipe LACAP da Universidade Federal de São Carlos, pela confiança depositada em mim e que dedicaram-se para sanar as minhas dúvidas, pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo, pela paciência, dedicação e em me colocar na direção correta no trabalho.

Agradeço também, a FAPESP que possibilitou a concretização de um sonho, no qual almejada desde o primeiro ano de graduação, que era participar de um programa de iniciação científica.

E Por fim, agradeço a todos que participaram diretamente ou indiretamente, e que me fizeram chegar até aqui.

Muito obrigada!

RESUMO

Introdução: Com o aumento da expectativa de vida da população, juntamente com desenvolvimento da ciência e tecnologia, observa-se maior incidência de casos de Insuficiência Cardíaca (IC) tanto no Brasil como no mundo, que atualmente é um grave problema de saúde pública gerando altos gastos com saúde, tal fato, por se tratar de uma doença crônica. A IC é definida como uma síndrome clínica, que ocorre quando o coração não é mais capaz de suprir de forma adequada as demandas metabólicas teciduais, tendo como principais manifestações clínicas a dispnéia e fadiga, impactando negativamente nas atividades cotidianas como caminhar e subir e descer escadas. Neste contexto, o teste do degrau de seis minutos (TD6) é um teste interessante para avaliar a capacidade funcional e tem demonstrado ser uma ferramenta valiosa para estabelecer prognóstico em indivíduos com IC. A cinética do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) em sua fase “on” e “off” pode também ser um importante marcador prognóstico em pacientes com IC, contudo, tem sido pouco investigado a sua aplicabilidade em testes funcionais. **Objetivo:** Analisar a cinética “on” e “off” do $\dot{V}O_2$ no TD6 em pacientes com IC, bem como avaliar a influência dos ciclos de subidas e descidas (CSD) com os valores obtidos na cinética. **Métodos:** Foram incluídos 26 indivíduos com diagnóstico de IC com disfunção sistólica classe I, II e III e IV pela NYHA, clinicamente estáveis, com confirmação diagnóstica por meio do ecocardiograma. Os pacientes realizaram uma avaliação clínica que incluiu anamnese do estado da doença e medicações em uso. Posteriormente, realizaram o TD6 onde foram coletados os dados de $\dot{V}O_2$ respiração por respiração, além dos sintomas (escala de Borg), da frequência cardíaca e da pressão arterial no repouso e no pico do teste. A análise da cinética do $\dot{V}O_2$ foi obtida pelo software Cardiokin. **Resultados:** Foi encontrado uma média de 99 ciclos de subida e descidas (CSD), enquanto variáveis da cinética, um TMR on de 68 segundos e TMR off de 99 segundos. **Conclusão:** Concluímos que em relação da cinética “on” e “off” nesta população de estudo apresentou uma lentificação do $\dot{V}O_2$ tanto durante o exercício como no período de recuperação. Esses dados expressam que os indivíduos com IC apresentam prognóstico ruim e índices de mortalidade, sendo assim, impactando negativamente no CSD durante o TD6. **Palavras-chave:** insuficiência cardíaca, teste do degrau, consumo de oxigênio

ABSTRACT

Introduction: With the increase in life expectancy of the population, together with the development of science and technology, there is a higher incidence of cases of Heart Failure (HF) both in Brazil and in the world, which is currently a serious public health problem generating high health expenditures, this fact, as it is a chronic disease. HF is defined as a clinical syndrome, which occurs when the heart is no longer able to adequately supply tissue metabolic demands, with dyspnea and fatigue as the main clinical manifestations, negatively impacting daily activities such as walking and going up and down stairs. In this context, the six-minute step test (6MWT) is an interesting test for assessing functional capacity and has been shown to be a valuable tool for establishing prognosis in individuals with HF. The kinetics of oxygen consumption ($\dot{V}O_2$) in its “on” and “off” phase can also be an important prognostic marker in patients with HF, however, its applicability in functional tests has been little investigated. **Objective:** To analyze the “on” and “off” kinetics of $\dot{V}O_2$ in TD6 in patients with HF, as well as to evaluate the influence of the ups and downs cycles (CSD) with the values obtained in the kinetics. **Methods:** 26 individuals diagnosed with HF with NYHA class I, II and III and IV systolic dysfunction, clinically stable, with diagnostic confirmation by echocardiogram. Patients underwent a clinical evaluation that included anamnesis of the disease state and medications in use. Subsequently, they performed the 6MWT where $\dot{V}O_2$ data was collected breath by breath, in addition to symptoms (Borg scale), heart rate and blood pressure at rest and at the peak of the test. The analysis of the $\dot{V}O_2$ kinetics was obtained using the Cardiokin software. **Results:** An average of 99 cycles of ascent and descent (CSD) was found, as kinetic variables, a TMR on of 68 seconds and TMR off of 99 seconds. **Conclusion:** We conclude that in relation to the “on” and “off” kinetics in this study population, the $\dot{V}O_2$ slowed down both during exercise and in the recovery period. These data express that individuals with HF have poor prognosis and mortality rates, thus, negatively impacting the CSD during the 6MWT.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 JUSTIFICATIVA | 10 |
| 3 OBJETIVOS | 11 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 4.1 Aspectos Éticos | 12 |
| 4.2 Recrutamento de voluntários..... | 12 |
| 4.3 Procedimentos Experimentais | 13 |
| 4.4 Análise dos Dados | 16 |
| 5 RESULTADOS | 17 |
| 6 DISCUSSÃO | 22 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 25 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 26 |

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da expectativa de vida da população, observa-se maior incidência das doenças cardiovasculares, em especial a Insuficiência Cardíaca (IC) tanto no Brasil como no mundo, o que atualmente é um grave problema de saúde pública, por se tratar de uma doença crônica e gera altos gastos com a saúde desses pacientes. Segundo dados da *American Heart Association* (2014), haviam 5,1 milhões de indivíduos com o quadro clínico de IC nos Estados Unidos, já no Brasil, o número de novos casos de IC por ano pode chegar a 240 mil e estima-se que 23 milhões de pessoas no mundo possuem o diagnóstico de IC (HALBUQUERQUE et al., 2019; BOCCHI et al., 2019; PORTAL DO BRASIL, 2019).

A IC é definida como uma síndrome crônica, que ocorre quando o coração não é mais capaz de suprir de forma adequada às demandas metabólicas teciduais, diminuindo sua perfusão e desta forma, impactando de forma insatisfatória para a demanda de oxigênio para o meio sistêmico. Essas alterações podem resultar em respostas inadequadas no débito cardíaco (DC) e na elevação das pressões pulmonar e sistêmica, caracterizando sintomas clínicos como a dispneia e a fadiga muscular (DIRETRIZ BRASILEIRA DE INSUFICIÊNCIA BRASILEIRA CARDÍACA CRÔNICA E AGUDA, 2018).

Por se tratar de uma doença crônica e sistêmica, os principais sintomas são a dispneia e a fadiga muscular, que acomete de maneira progressiva conforme a demanda de esforços físicos, principalmente por atividades cotidianas desses indivíduos como caminhar e subir e descer escadas, e nos casos clínicos mais severos, a dispneia pode estar presente até mesmo em repouso, assim, como episódios de aumento da frequência cardíaca (FC), síncope e pré-síncope. Contudo, esses sintomas decorrem de alterações sistêmicas provenientes do comprometimento da função sistólica do ventrículo esquerdo, que é ocasionada pela fração de ejeção reduzida, comprometendo além do sistema cardíaco, o sistema respiratório e muscular e, por esse motivo esses pacientes cardiopatas evoluem para redução da capacidade funcional (REGENGA 2000).

Neste contexto, o teste de degrau de seis minutos (TD6) é um teste interessante para avaliar o desempenho funcional e tem demonstrado ser um interessante método para investigar limitações em indivíduos com IC. O TD6 se destaca, pois, além de possibilitar a avaliação mais próxima do indivíduo, reduz potenciais riscos, necessita de poucos equipamentos, é rápido e de fácil de execução quando comparado com os demais testes de campo. Para a realização desse teste, utiliza-se um ergômetro portátil, e que além de seguro, pode ser útil para avaliar a capacidade funcional em hospitais, centros de saúde, domicílio e outros locais que carecem de espaço físico para a realização (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2014;

GUTHS et al., 2004).

Neste mesmo contexto de avaliação funcional, a cinética do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) é uma importante variável clínica para avaliar e estabelecer o prognóstico na IC. Com a análise da cinética é possível observar a estabilização do $\dot{V}O_2$ frente ao esforço físico, bem como o tempo de resposta frente a esta estabilização, e que representa um importante marcador de performance e indicador prognóstico (BONANÇA, 2018).

São vários os fatores que contribuem nas alterações da cinética do $\dot{V}O_2$ durante o exercício, como aumento da diferença arteriovenosa devido ao menor débito cardíaco após o exercício, restauração tardia da fosfocreatina, reabastecimento das reservas de energia dos músculos esqueléticos periféricos e taxa mais lenta de restauração do sangue venoso (GUTHS et al., 2004; BONANÇA, 2018).

2 JUSTIFICATIVA

Visto que a lenta cinética do $\dot{V}O_2$ pode ter relação com a diminuição da disponibilidade do oxigênio aos segmentos musculares, como observado por Baty et al. (2016) em pacientes com DPOC e esperamos que pacientes com IC também apresentem essa resposta por se tratar de uma doença crônica e progressiva, pela similaridade com os sintomas e diminuição do DC justifica-se a realização do presente estudo considerando que a diminuição da taxa de $\dot{V}O_2$ durante o exercício é um importante indicador de prognóstico na IC, como o aumento da morbidade e mortalidade. Ademais, o TD6 pode ser uma ferramenta simples para avaliar a cinética do $\dot{V}O_2$, comparado aos testes em ergômetros convencionais.

3 OBJETIVOS

Avaliar a cinética “on” e “off” durante o exercício e no período de recuperação do TD6 em pacientes com IC, e observar se a gravidade da doença interfere no desempenho funcional nessa população.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Aspectos Éticos

O presente estudo trata-se de um estudo transversal e observacional realizado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Instituição (CAAE: 91088318.7.10001.5504).

4.2 Recrutamento de voluntários

Após busca ativa realizada na lista de contato dos ambulatórios da cardiologia do Centro de Especialidades Médicas de São Carlos (CEME) e da Unidade Saúde Escola da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), os voluntários foram contactados e convidados a participar do estudo. Para isso, os avaliadores questionavam a sintomatologia, medicações em uso e exames prévios desses voluntários para a confirmação do diagnóstico. Foram selecionados indivíduos de ambos os gêneros que apresentassem diagnóstico clínico por meio de sinais e sintomas de IC registrado no prontuário e confirmado por diagnóstico ecocardiográfico (*Philips HD11*, Figura 1) com valores diferentes para os sexos, no qual foi definida FE reduzida, < 52% para o sexo masculino e 51% para o sexo feminino; e com idade acima de 18 anos (CHAIR et al., 2016).



Figura 1 - Ecocardiograma utilizado para confirmação do diagnóstico da IC.

Os voluntários eram questionados se apresentavam comorbidades que dificultasse a realização do teste, patologias ortopédicas de membros inferiores com incapacidade em subir e descer o degrau, bem como aqueles com histórico de acidente vascular encefálico, doença de Parkinson, doença de Alzheimer, entre outras que acarretam sequelas e comprometam o sistema nervoso central, sendo excluídos das avaliações seguintes.

Foram excluídos indivíduos, com possíveis diagnósticos de doenças pulmonares, identificadas pela espirometria (*Breeze®*, *Medgraphics*, *MGC Diagnostics Corporation*, *St. Paul, MN, EUA*), segundo os critérios GOLD ($VEF_1/CVF < 0,70$), o qual sugere a realização de pelo menos três manobras forçadas aceitáveis e reprodutíveis (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA, 2002).

Além disso, para esse estudo não participaram voluntários que tivessem hospitalizados, com a medicação não otimizada, bem como aqueles com episódios de exacerbação da IC em período menor que 90 dias (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2018). Após a seleção, os voluntários que estivessem estáveis e com a terapia medicamentosa otimizada eram encaminhados ao Departamento de Fisioterapia da UFSCar para início dos procedimentos experimentais.

4.3 Procedimentos Experimentais

Na primeira visita, os voluntários recrutados responderam à anamnese, a qual foi desenvolvida pelo Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP) da UFSCar, constando itens como: dados pessoais, classificação da New York Heart Association (NYHA), na qual estratifica o grau da IC, de acordo com a gravidade dos sintomas dos indivíduos, com escore que varia de I a IV sendo que, quanto maior a classificação, pior a limitação e a presença de sintomas (NASO et al., 2011). Além disso, foram aplicados também os questionários de capacidade funcional (Índice de status da atividade Duke) e de qualidade de vida (Questionário de Minnesota).

O Índice de status da atividade Duke (Anexo I) foi aplicado como medida indireta de avaliação da capacidade funcional dessa população (COUTINHO-MYRRHA, 2014; HLATKY, 1989). O questionário de Duke é validado e mensura a capacidade funcional de pacientes com doença cardiovascular (HLATKY et al., 2014). O mesmo é constituído de 12 itens, englobando atividades diárias como higiene pessoal, locomoção, tarefas domésticas, função sexual e recreação com os respectivos gastos metabólicos. Cada item tem um peso específico com base no gasto metabólico (METs). A pontuação final varia entre zero a 58,2 pontos e, quanto maior a pontuação, melhor a capacidade funcional (COUTINHO-MYRRHA

et al., 2014).

Em forma de entrevista, o Questionário de Minnesota (Anexo II) foi aplicado com finalidade de avaliar a qualidade de vida entre satisfação ou o descontentamento do indivíduo de acordo com sua própria percepção, relatando às limitações mais frequentes em indivíduos com IC, sendo um instrumento validado e disposto para análise de bem-estar. Ao todo é completo por 21 questões, no qual as respostas para cada questão variam de zero a cinco, sendo que os valores de cinco representam a máxima limitação ou descontentamento (CARVALHO et al., 2009).

Após as avaliações apresentadas foi realizada a análise da composição corporal, por meio de avaliação antropométrica, em que a massa corporal e a estatura foram mensuradas por uma balança com um estadiômetro, respectivamente (*Welmy R-110, Santa Barbara do Oeste, São Paulo, Brasil*), na qual os participantes permaneceram em pé e pés descalços. Após tais medidas, o índice de massa corporal (IMC) foi calculado pela divisão da massa corporal em quilogramas pela estatura ao quadrado em metros (kg/m^2).



Figura 2 - Estadiômetro utilizado para a análise da composição corporal

Na segunda visita, os voluntários foram convidados a realizar o TD6. Antes do início do teste permaneceram sentados por cinco minutos em repouso, enquanto isso o teste foi explicado por um fisioterapeuta para o paciente. Após este período o teste iniciou com a presença de dois fisioterapeutas, e para isto, o paciente permaneceu dois minutos sentado e mais dois minutos em pé, e foi verificada algumas variáveis sendo elas; pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), escala de Borg e saturação de oxigênio (SpO_2).

Esse estudo baseou-se seguindo os critérios da *American Thoracic Society* (ATS,

2002), o TD6 foi realizado utilizando um degrau único, portátil, de 20 centímetros de altura, com piso de borracha antiderrapante, na qual a contagem do degrau foi feita verbalmente por um dos fisioterapeutas, e para familiarização com o teste, um dos fisioterapeutas demonstrou como executar o TD6. Os participantes foram instruídos a subir e descer a maior quantidade de CSD durante seis minutos (cadência livre), diminuindo o ritmo ou mesmo interromper o teste caso o o sujeito sentisse necessidade, sendo que um segundo fisioterapeuta ficou responsável pelas frases de incentivo padronizadas a cada minuto, informando os voluntários a cada minuto sobre o tempo restante até o término do teste (ANDRADE, 2012; RODRIGUES, 2002).

Durante o teste, foi avaliada a cinética do $\dot{V}O_2$, e para análise dos gases expirados foi utilizado o sistema Oxycon Mobile® (*Mijnhardt/Jäger, Würzburg, German*) que é capaz de fornecer informações de variáveis ventilatórias e metabólicas, a cada ciclo respiratório. O Oxycon Mobile® é composto por dois módulos que podem ser posicionados tanto na porção anterior do tórax do participante por um sistema de cintas, proporcionando liberdade de movimento (OXYCON MOBILE). Os dados coletados foram enviados por telemetria, para uma estação- base conectada a um computador. Foi utilizado a máscara orofacial, na qual se encontra um transdutor digital de volume bidirecional, capaz de fazer as medidas dos volumes pulmonares. Além disso, no pico do exercício, no primeiro, terceiro e sexto minuto de recuperação, foi verificado a escala de Borg para avaliar a fadiga muscular e a dispneia (ROBERTSON et al., 2004; SILVA et al., 2011). A SpO_2 foi verificada no repouso, sentado e em pé, no sexto minuto e ao final do primeiro, terceiro e sexto minutos de recuperação. A PAS e PAD foi anotada em repouso, sentado e em pé, no sexto minuto, e no primeiro, terceiro e sexto minutos de recuperação. O critério utilizado foi o método auscultatório de Korotkoff. A FC foi monitorada em repouso, sentado e em pé, no sexto minuto e ao final do primeiro, terceiro e sexto minuto de recuperação, obtida por meio do dispositivo Polar® S810i, o qual é acoplado ao tórax do paciente por meio de uma cinta com elástico ajustável, que se conectado por telemetria com um relógio que posicionado no punho do paciente os dados são armazenados batimento a batimento. A FC foi registrada durante todo o tempo, e os valores finais foram utilizados para análise dos resultados. Para fins de segurança, o registro eletrocardiográfico foi obtido durante todo o teste por meio de um monitor de ECG (Wincardio®. Micromed, Brasília, Brasil).

4.4 Análise dos Dados

Para análise dos gases foi utilizado o sistema Oxycon Mobile® (*Mijnhardt/Jäger, Würzburg, German*) no qual os dados coletados foram enviados por telemetria, para uma estação base conectada a um computador.

A modelagem de dados exponenciais foi realizada utilizando uma rotina específica no software *CardioKin 1.2*, seguindo os parâmetros calculados por um programa certificado pelo *LabVIEW (LabVIEW 2012, National Instruments, Austin, TX, EUA)*, que obedece ao padrão de Levenberg-Marquardt (BELTRAME et al., 2017).

Em seguida, foi realizada inspeção visual para verificar a qualidade do sinal obtido e a característica constante do teste, com perfil da resposta do estado estável do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$.

O modelo matemático utilizado para ajustar a resposta cinética na transição repouso-exercício (240 segundos de repouso + 180 segundos de exercício) e na transição exercício-recuperação (240 segundos de exercício + 180 segundos de repouso) foi o seguinte:

$$\text{Transição - on: } Y(t) = Y(\text{VB}) + A (1 - e^{-(t-\text{TA})/\tau})$$

$$\text{Transição - off: } Y(t) = Y(\text{EX}) - A (1 - e^{-(t-\text{TA})/\tau})$$

O valor de Y representou a variável em análise a qualquer momento (t); Y (VB) foi o valor basal da $\dot{V}O_2$, (EX) foi o valor final do $\dot{V}O_2$ no exercício. A sendo a amplitude; TA o tempo de atraso, e τ a constante de tempo da resposta exponencial de interesse (tempo gasto para atingir 63% da resposta em estado estacionário). O A, VB e EX descrevem os parâmetros relacionados ao componente primário do eixo Y ($\dot{V}O_2$), o τ e o TA descrevem o parâmetro relacionado ao eixo X (tempo). A cinética geral do $\dot{V}O_2$ foi determinada pelo tempo médio de resposta (TMR) (CASTELLO et al., 2008).

Posteriormente, os dados foram armazenados no Excel, e logo após, testada a normalidade dos dados pelo programa estatístico *IBM SPSS Statistics 20*, com o teste de Shapiro-Wilk. Os dados estão expressos em média e desvio padrão, as variáveis contínuas em frequência e as categóricas em porcentagem.

5 RESULTADOS

Houve a triagem dos pacientes no período de 01/05/2018 à 10/02/2020 de 186 pacientes, destes, somente 71 obedeciam aos critérios de inclusão, porém ao todo, avaliamos 26 pacientes, pois 22 apresentavam FE preservada, 11 manifestavam patologias associadas que dificultavam a realização do teste como neurológicas e ortopédicas, 7 exibiram exacerbação da IC, 1 passou por cirurgia recente e 8 foram descartados na análise de cinética do $\dot{V}O_2$ devido a qualidade de sinal (Figura 3).

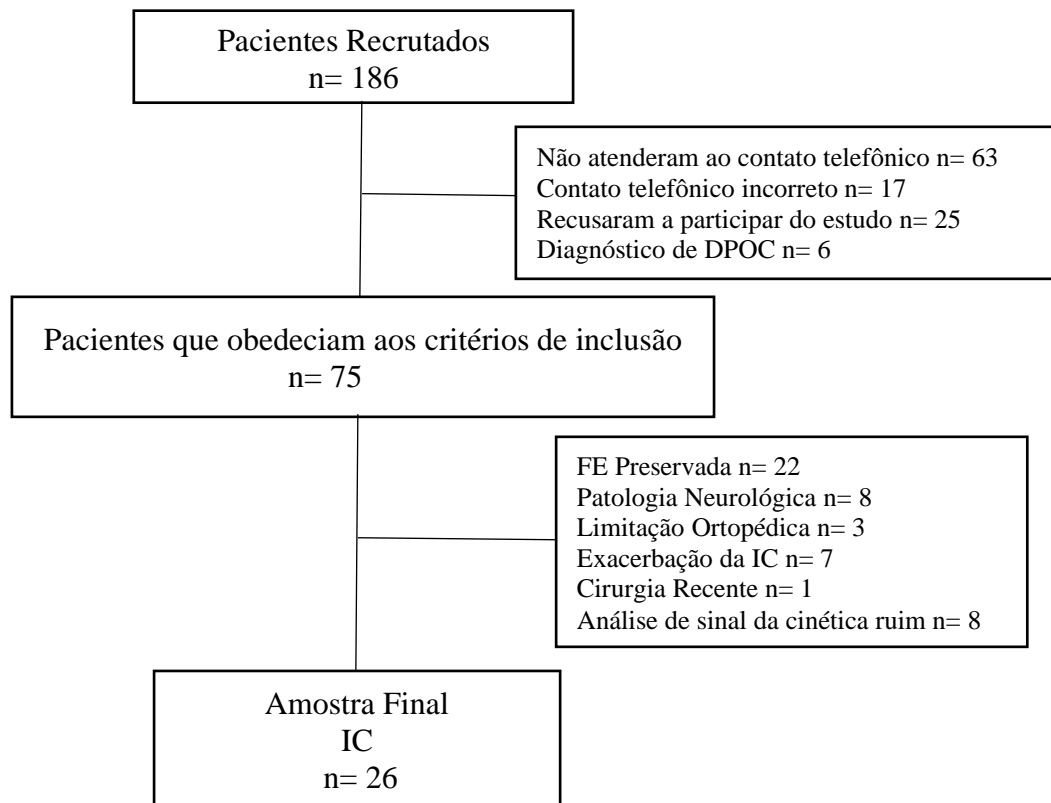


Figura 3 - Fluxograma com número de voluntários (n) recrutados, incluindo a perda amostral.

As características antropométricas, função cardíaca e função pulmonar dos pacientes com IC estão descritos na tabela 1. Observa-se predomínio do sexo masculino, classificação do IMC de obesidade grau I, classificação da NYHA II, sem alterações da função pulmonar e predominância do uso de betabloqueador.

Tabela 1 - Características antropométricas, função cardíaca, função pulmonar e terapia medicamentosa.

| Variáveis Antropométricas | IC (n= 26) |
|----------------------------------|----------------------|
| Idade (anos) | 60±8 |
| Sexo (M/F), n (%) | 18 (69,2) / 8 (30,8) |
| Altura (cm) | 1,67±0,09 |
| Peso (kg) | 86±14 |
| IMC (kg/m ²) | 30±5 |
| Função cardíaca | |
| FE (%) | 42±6 |
| Classificação FE, n (%) | |
| Leve | 20 (76,9) |
| Moderada | 3 (11,5) |
| Severa | 3 (11,5) |
| Classificação NYHA, n (%) | |
| I | 8 (30,8) |
| II | 10 (38,5) |
| III | 6 (23,1) |
| IV | 2 (7,7) |
| Função pulmonar | |
| VEF ₁ , % | 2,71±0,65 |
| VEF ₁ % pred | 86±14 |
| VEF ₁ / CVF, L | 0,78±0,56 |
| Medicamentos | |
| β-bloqueador, n (%) | 23 (88,5) |
| Diuréticos, n (%) | 19 (73,1) |
| IECA, n (%) | 17 (65,4) |
| Estatinas, n (%) | 14 (53,8) |

Dados expressos em média, desvio padrão, n amostral e frequência. IMC: índice de massa corpórea. FE: fração de ejeção; NYHA: *New York Heart Association*. VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF₁/CVF: relação do volume expiratório forçado no primeiro segundo pela capacidade vital forçada; IECA: inibidor da enzima conversora de angiotensina

Na tabela 2 encontra-se as respostas ventilatórias, hemodinâmicas e metabólicas do TD6 na população com insuficiência cardíaca. Encontramos média do TD6 no CSD de 99 na população de IC, ademais variáveis ventilatórias, cardiovasculares e metabólicas encontram-se abaixo.

Tabela 2 - Variáveis ventilatórias, metabólicas e hemodinâmicas do Teste de Degrau de Seis minutos.

| Variáveis | IC (n=26) |
|--|-----------|
| Média do CSD | 99±32 |
| FR irpm Pico | 32±8 |
| V_E l/min Pico | 47±18 |
| ṂO₂ l/min Pico | 1096±442 |
| ṂO₂ ml/kg⁻¹/min⁻¹ Pico | 13±2 |
| ṂCO₂ l/min Pico | 1119±424 |
| ṂO₂ % do predito | 93±157 |
| RER Pico | 1,07±0 |
| PAS Repouso, mmHg | 119±9 |
| PAS Pico, mmHg | 157±19 |
| PAD Repouso, mmHg | 78±6 |
| PAD Pico, mmHg | 95±11 |
| FC Repouso, bpm | 76±10 |
| FC Pico, bpm | 115±18 |
| SpO₂ Repouso, % | 95±1 |
| SpO₂ Pico, % | 94±2 |
| Borg Dispneia Pico | 4±2 |
| Borg MMII Pico | 3±2 |

Dados expressos em média e desvio padrão. TD6: Teste de Degrau de Seis Minutos; CDS: Ciclos de Subidas e Descidas; V_E l/min: Ventilação; FR: Frequência Respiratória; ṂO₂: Consumo de Oxigênio; ṂCO₂: Produção de Dióxido de Carbono; RER: Razão de Troca Respiratória; PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica; FC: Frequência Cardíaca; SpO₂: Saturação de Oxigênio.

Na tabela 3 estão expressos os questionários referentes a qualidade de vida e a capacidade funcional dos pacientes com insuficiência cardíaca. Enquanto a qualidade de vida, foi avaliada pelo questionário de Minnesota, com uma pontuação média de 33 pontos. E referente a capacidade funcional, por meio do teste de Duke apresentando um valor médio de 27 pontos, e Duke ṂO₂ de 21 ml/kg/min.

Tabela 3 - Qualidade de

| <i>Qualidade de Vida</i> | |
|---|-------|
| Minnesota | 33±24 |
| <i>Capacidade Funcional</i> | |
| Duke | 27±14 |
| Duke/ $\dot{V}O_2$ ml/kg ⁻¹ /min ⁻¹ | 21±6 |

Dados expressos em média e desvio padrão.

Na tabela 4 estão detalhadas as variáveis da cinética on e off do $\dot{V}O_2$ durante o TD6. Observamos um TMR da cinética on de 68 segundos e TMR de 99 segundos na cinética off.

Tabela 4 - Variáveis da cinética on e off do consumo de oxigênio durante o Teste do Degrau de Seis Minutos.

| Variáveis | IC (n=26) |
|---------------------|-----------|
| <i>Cinética On</i> | |
| AO (s) | 3,49±0 |
| A1 (s) | 10,3±2 |
| TD (s) | 15,9±14 |
| TAU (s) | 52±12 |
| TMR (s) | 68±16 |
| <i>Cinética Off</i> | |
| AO (s) | 12,4±2 |
| A1 (s) | 10±4 |
| TD (s) | 7,7±11 |
| TAU (s) | 91±60 |
| TMR (s) | 99±61 |

Dados expressos em média e desvio padrão. AO: valor basal do $\dot{V}O_2$; A1: amplitude de variação do $\dot{V}O_2$; TD: tempo atraso; TAU: cursa constante; TMR: tempo médio de resposta.

A seguir, na figura 4 e 5, estão apresentados a análise gráfica representativa de um dos pacientes avaliados na fase on e off, mostrando que fits aceitáveis do ponto de vista visual dos sinais durante o teste de degrau.

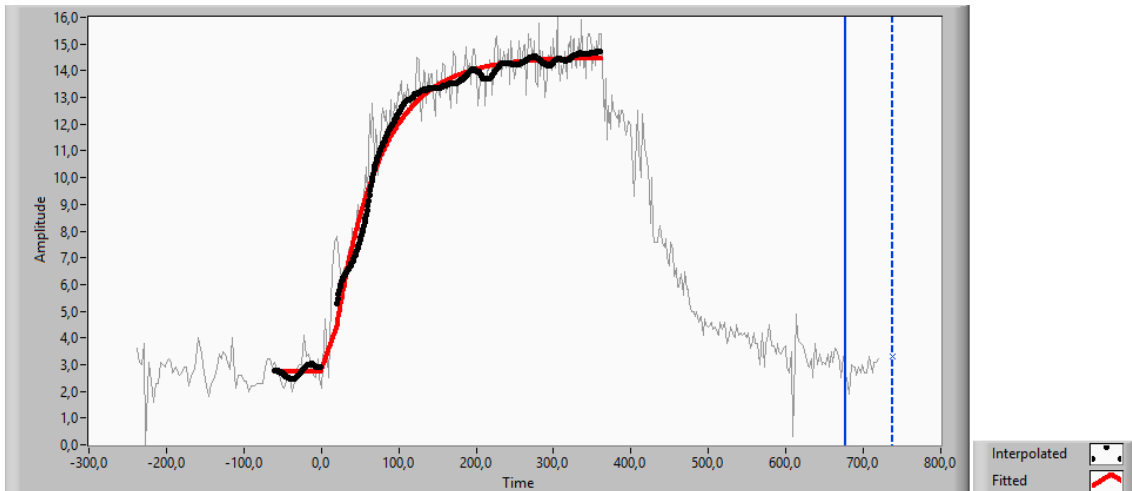


Figura 4 - A análise gráfica da cinética durante o teste de degrau de seis minutos. CardioKin 1.2 (BELTRAME et al., 2017)

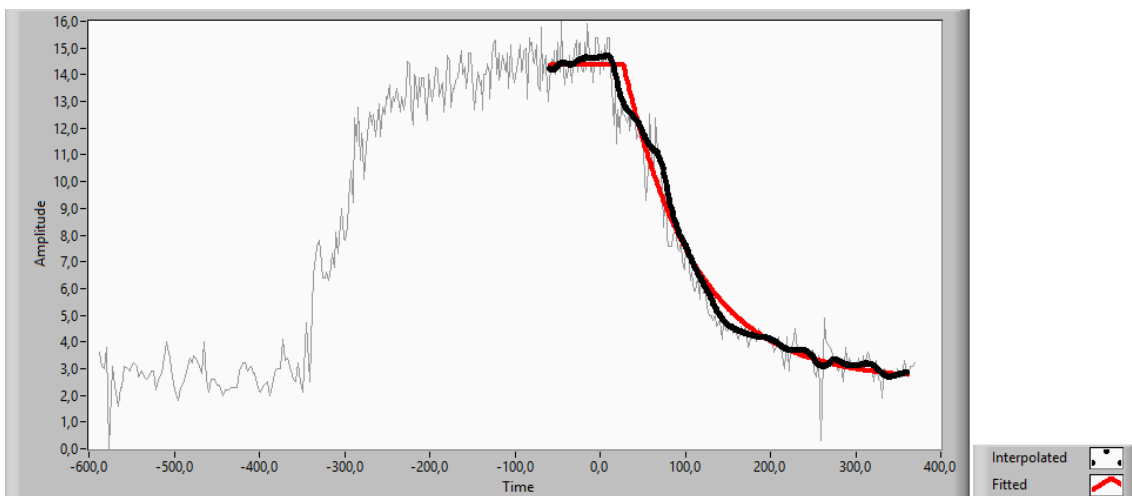


Figura 5 - A análise gráfica da cinética durante o período de recuperação do teste de degrau de seis minutos. CardioKin 1.2 (BELTRAME et al., 2017).

6 DISCUSSÃO

Até o presente momento, com base nos nossos resultados podemos afirmar que este é o primeiro estudo que abrange a cinética “on” e “off” por meio do TD6 nessa população. O desempenho dos voluntários no TD6 foi de 99 CSD na população de pacientes com IC, no entanto, Arcuri et al. (2016) observaram que o desempenho em indivíduos saudáveis foi superior à média encontrada no presente estudo. Desta maneira, os pacientes com doenças crônicas apresentam declínio da capacidade funcional, como já observado por Pessoa et al. (2014), quando comparados aos pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, ou com doença arterial coronariana, como observado por Travensolo et al. (2019), pois o relato de sintomas como dispneia e fadiga, impactam no condicionamento cardiorrespiratório, e refletem na limitação funcional dessas populações, bem como na IC.

Por esse motivo, o sistema metabólico que podem mensurar o $\dot{V}O_2$ torna-se uma importante ferramenta, pois essa variável é capaz de mensurar a aptidão física e a interação dos sistemas respiratório, circulatório e muscular, os quais estão relacionadas com o prognóstico dos pacientes com IC. Malhotra et al. (2016) realizaram um estudo em indivíduos com IC e determinaram um ponto de corte para o $\dot{V}O_{2\text{pico}} \leq 14$ ml/kg/min, no qual valores de gravidade e mal prognóstico estariam relacionados e classificariam os indivíduos com maior taxa de mortalidade e também prioridade para o transplante cardíaco. Nossos resultados mostraram que o $\dot{V}O_2$ estratifica nossa população de IC com alto risco de mortalidade e um prognóstico ruim, no entanto, certifica-se que talvez a otimização medicamentosa, bem como um programa de reabilitação podem melhorar este indicador, que apresenta forte relação com a capacidade funcional e com a estabilidade clínica, com impacto positivo na qualidade de vida dessa população.

Neste contexto, com relação a qualidade de vida desta população, observamos que o valor médio foi de 33 pontos para o questionário de Minnesota e sugerimos associação entre essa pontuação e a classificação funcional da NYHA e da classificação da FE, no qual enquadra esses indivíduos de grau leve a moderado. Carvalho et al. (2009) também observaram que a classificação da NYHA e a qualidade de vida medida pelo questionário de Minnesota se relacionam ao desempenho funcional e conseqüentemente com a sintomatologia dessa população, ressaltando a importância e a validação dessas avaliações.

Em relação a capacidade funcional avaliada pelo questionário de Duke, observamos que um valor médio de 27 pontos para essa amostra, no entanto, essa pontuação sugere que esses indivíduos apresentam uma boa capacidade funcional, todavia esse questionário avalia o

desempenho funcional de forma indireta, sendo que os testes de campo são melhores para prever a capacidade funcional e estimar o $\dot{V}O_2$. Para a população de pacientes com doenças cardiovasculares, encontramos o valor de $\dot{V}O_2$ 26 ml/kg/min como sugerido por Coutinho-Myrrha et al. (2014) no qual a classifica a população de IC com um $\dot{V}O_2$ baixo.

Sobre cinética do $\dot{V}O_2$ durante o TD6, a variável que melhor expressa é o tempo médio de resposta (TMR), no qual este pode ser definido pela soma do tempo de atraso (TD) e a constante de curva (τ). Em nossos achados, encontramos um valor de TMR de 68 segundos, assim como Chatterjee et al. (2013), que observaram TMR de 64 segundos para mesma população, contudo em testes de carga constante em cicloergômetro, e quando comparado ao grupo de indivíduos saudáveis, expressou o TMR de 45 segundos, identificando um aumento do TMR para a população com disfunção ventricular esquerda, resultando em um prognóstico ruim, e impacto negativo na performance. Contudo, a redução do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$ se relaciona com a fadiga pelo fato do rápido esgotamento de fosfato intramusculares durante o exercício, desta maneira, o aumento do TMR impacta em uma pior função cardíaca com menor fração de ejeção, elevando as taxas de mortalidade e índices de prognóstico para esta população, logo, parâmetros que nos auxiliam no comportamento e valores da cinética do $\dot{V}O_2$ podem nos nortear para uma reabilitação física específica e individualizada, e, conseqüentemente, melhorar o prognóstico destes indivíduos.

Ademais, podemos observar, que também houve lentificação da cinética no $\dot{V}O_{2\text{ REC}}$ (recuperação) nos pacientes com IC, visto que foi constatado um TMR de 99 segundos. Em um estudo com pacientes IC e pacientes com doença arterial coronariana realizado por Pavia et al. (1999), os autores observaram que a taxa do $\dot{V}O_{2\text{ REC}}$ também se apresentou prolongada em pacientes com IC. Valores presenciados pelo mesmo, identificaram um aumento do TMR quando comparados com pacientes com IC grave. No entanto, nossos pacientes foram classificados com IC leve, no entanto, observa-se uma alteração nesta variável quando comparado com o grupo controle por Pavia et al. (1999), no qual o TMR foi significativamente menor. Fatores fisiológicos nos auxiliam a explicar a recuperação mais lenta nestes pacientes com IC, sendo que a equação de Fick, durante a fase de recuperação o $\dot{V}O_{2\text{ REC}}$ permanece elevada em pacientes com disfunção ventricular esquerda pelo fato da maior dependência do débito cardíaco do que a diferença arteriovenosa, ao contrário do que ocorre durante o exercício em que ambas as variáveis contribuem similarmente.

Contudo, nossos achados devem ainda ser avaliados com cautela, visto que não encontramos estudos que avaliassem a cinética do $\dot{V}O_2$ em ergômetros portáteis como o teste de degrau. Assim, embora as análises comparativas com outros estudos são importantes, há de

se ressaltar que a cinética possa ter comportamento diferente a depender do tipo de protocolo de exercício, do ergômetro, do tempo de exercício; bem como da presença de comorbidades ou doenças crônicas.

7 CONCLUSÃO

Concluimos que, de acordo com nosso objetivo principal em relação da cinética “on” e “off” nesta população de estudo, apresentou uma lentificação do $\dot{V}O_2$ tanto durante o exercício como no período de recuperação. Esses dados expressam que os indivíduos com IC apresentam prognóstico ruim e índices de mortalidade, sendo assim, impactando negativamente no CSD durante o TD6. O TD6 pode ser uma ferramenta capaz de mensurar a capacidade funcional, visto sua facilidade da aplicação, bem como na possibilidade de se obter a cinética do $\dot{V}O_2$, e assim identificar limitações na capacidade funcional que prejudica essa população como o CSD, influenciando na qualidade de vida desses pacientes.

Contudo, ainda é necessário a continuidade desta pesquisa, analisando indivíduos mais severamente comprometidos, para podermos estabelecer se a gravidade pode também impactar na cinética, e no desempenho do TD6 destes pacientes.

8 REFERÊNCIAS

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Diretrizes do ACMS para os testes de esforço e sua prescrição**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2014.
- ANDRADE, C.H.S et al. The use of step tests for the assessment of exercise capacity in healthy subjects and in patients with chronic lung disease. **J Bras Pneumol.**, v.38, n.1, p.116-124, 2012.
- ARCURI, J.F., et al. Validity and reliability of the 6-minute step test in healthy individuals: a cross-sectional study. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 26, n. 1, p. 69-75, 2016.
- BATYB, F. et al. Oxygen Uptake Recovery Kinetics after the 6-Minute Walk Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **Respiration**; v.92, p.371-379, 2016.
- BELTRAME, T. et al. Sex differences in the oxygen delivery, extraction and up take during moderate walking exercise transition. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.42, p.994-1000, 2017.
- BOCCHI, E.A. et al. III Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca Crônica. **Arq. Bras. Cardiol.**; v.93(1 supl.1), p. 1-7, 2009.
- BONANÇA, A.M. Cinética de Recuperação Metabólica e Cardiovascular Após Exercícios de Carga Constante em Pacientes com IC e sem DPOC associada: Efeitos da Ventilação Não Invasiva. 2018.104. **Tese Doutorado, UFSCar**, São Carlos, 2018.
- CARVALHO, V.O. et al. Validation of the Portuguese version of the Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire. **Arq. Bras. Cardiol.**, v.93n n.1, p.39-44, 2009.
- CASTELO, V. et al. Atividade autonômica em uma adolescente com ventrículo único submetida à intervenção fisioterapêutica: relato de caso. **Res. Bras. Fisioter.**, v.12, n.2, p.157-60, 2008.
- CHAIR, N.S. et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. **J. Am. Soc. Echocardiography**, 2016
- CHATTERJEE, N.A. et al. Prolonged mean VO₂ response time in systolic heart failure: an indicator of impaired right ventricular-pulmonary vascular function. **Circ. Heart Fail.**; v.6, n.3, p.499–507, 2013.
- COMITÊ COORDENADOR DA DIRETRIZ DE INSUFICIÊNCIA CARDÍACA. Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca Crônica e Aguda. **Arq. Bras. Cardiol.**, v.111, n.3, p.436-539, 2018.
- COUTINHO-MYRRHA, M.A. et al. Duke Activity Status Index for cardiovascular diseases: validation of the Portuguese translation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.102, n. 4, p. 383-390, 2014.
- GUTHS, H. et al. Efeito do Treinamento Muscular Inspiratório na Cinética de Recuperação do Consumo de Oxigênio em Pacientes com Insuficiência Cardíaca e Fraqueza Muscular Inspiratória: Um ensaio Clínico Randomizado. 2004. 141p. **Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre**, 2004.
- HALBUQUERQUE, et al. I Registro Brasileiro de Insuficiência Cardíaca – Aspectos Clínicos, Qualidade Assistencial e Desfechos Hospitalares. **Arq. Bras. Cardiol.**, 2014.
- HLATKY, M.A. et al. A brief self-administered questionnaire to determine functional capacity (the Duke Activity Status Index). **The American Journal of Cardiology**, v.64, n.10, p.651-654, 1989.
- MALHOTRA, R. et al. Cardiopulmonary exercise testing in heart failure. **JACC: Heart Failure**, v.4, n.8, p.607-616, 2016.
- NASO, D. et al. The relationship between NYHA class and the functional condition and quality of life in heart failure. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 2, p. 157-163, 2011.
- OXYCON MOBILE. Disponível em:

<http://www.carefusion.com.au/medicalproducts/respiratory/cardio-pulmonarydiagnostics/metabolic-carts-cpetnutrition/metabolic-carts/oxycan-mobile.aspx>. Acesso em março de 2019.

PAVIA, L.M.D. et al. Recovery Kinetics of Oxygen Uptake and Heart Rate in Patients With Coronary Artery Disease and Heart Failure. **Chest**. v.116, n.3, p.808-813, 1999.

PORTAL DO BRASIL 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2016/09/cerda-de-17-5-milhoes-pessoasmorrem-de-doencas-cardiovasculares-todos-os-anos>. Acesso em: 28/02/2019.

REGENGA, M.M. **Fisioterapia em Cardiologia da UTI à Reabilitação**. São Paulo: Roca, 2000.

ROBERTSON, R.J. et al. Validation of the Adult OMNI Scale of Perceived Exertion for Cycle Ergometer Exercise. **MedSci Sports Exerc.**, v.36, n.1, 1028, 2004.

RODRIGUES F. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. Am. J. Respir. Crit. Care Med.; 166: 111-117, 2002.

SILVA, C.A. et al. Omni and Borg scales for the prescription of cycle ergometer exercise. **Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.**, v.13, n.2, p.117-123, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA E FISILOGIA. Diretrizes para teste de função pulmonar. **Jornal de Pneumologia; (S3)28**, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Diretriz brasileira de insuficiência cardíaca crônica e aguda. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, 2018.

TRAVENSOLO, C.F. et al. Validity and reliability of the 6-min step test in individuals with coronary artery disease. **Physiother. Res. Int.**, v.10, e1810, 2019.