

Strain Longitudinal Global é Preditor de Baixa Capacidade Funcional em Pacientes com Insuficiência Cardíaca Sistólica

Global Longitudinal Strain Predicts Poor Functional Capacity in Patients with Systolic Heart Failure

Rafael José Coelho Maia,¹ Simone Cristina Soares Brandão,¹ Jéssica Leite,² Giordano Bruno Parente,³ Filipe Pinheiro,² Bruna Thays Santana Araújo,² Maria Inês Remígio Aguiar,¹ Sílvia Marinho Martins,⁴ Daniella Cunha Brandão,² Armele Dornelas de Andrade¹

Universidade Federal de Pernambuco - Ciências da Saúde,¹ Recife, PE – Brasil

Universidade Federal de Pernambuco – Fisioterapia,² Recife, PE – Brasil

Hospital Agamenon Magalhaes – Cardiologia,³ Recife, PE – Brasil

Pronto Socorro Cardiológico de Pernambuco (PROCAPE) - Ambulatório de Doença de Chagas e Insuficiência Cardíaca,⁴ Recife, PE – Brasil

Resumo

Fundamento: O *strain* longitudinal global (SLG) é capaz de prever a capacidade funcional dos pacientes com insuficiência cardíaca (IC) e fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) preservada, e avaliar o prognóstico na IC com FEVE reduzida.

Objetivo: Correlacionar o SLG com parâmetros do teste de exercício cardiopulmonar (TECP), e avaliar se o SLG seria capaz de prever quais pacientes com IC sistólica deveriam ser encaminhados ao transplante cardíaco de acordo com os critérios do TECP.

Métodos: Os pacientes com IC sistólica com FEVE < 45%, classe funcional NYHA II e III, submeteram-se prospectivamente ao TECP e à ecocardiografia com análise do *strain*. A FEVE e o SLG foram correlacionados com as seguintes variáveis do TECP: $\max\text{VO}_2$, inclinação de VE/VCO_2 , redução da frequência cardíaca durante o primeiro minuto de recuperação (RFC), e tempo necessário para a redução do $\max\text{VO}_2$ em 50% após o exercício físico ($T_{1/2}\text{VO}_2$). Foi realizada análise da curva ROC do SLG em prever um $\text{VO}_2 < 14 \text{ mL/kg/min}$ e uma inclinação de $\text{VE}/\text{VCO}_2 > 35$ (critérios para transplante cardíaco). O nível de significância adotado na análise estatística foi de $p < 0,05$.

Resultados: Vinte e seis pacientes foram selecionados para o estudo (idade, 47 ± 12 anos, 58% homens, FEVE média $\text{LVEF} = 28 \pm 8\%$). A FEVE correlacionou-se somente com o $\max\text{VO}_2$ e o $T_{1/2}\text{VO}_2$. O SLG correlacionou-se com todas as variáveis do TECP ($\max\text{VO}_2$: $r = 0,671$; $p = 0,001$; inclinação de VE/VCO_2 : $r = -0,513$; $p = 0,007$; RFC: $r = 0,466$; $p = 0,016$; e $T_{1/2}\text{VO}_2$: $r = -0,696$, $p = 0,001$). A área sob a curva ROC para o SLG para prever os critérios para transplante cardíaco foi de 0,88 (sensibilidade 75%, especificidade 83%) para um ponto de corte de $-5,7\%$, $p = 0,03$.

Conclusão: O SLG apresentou associação significativa com todos os parâmetros funcionais do TECP. O SLG foi capaz de classificar os pacientes com IC segundo capacidade funcional e possivelmente pode identificar quais pacientes têm um prognóstico ruim e, portanto, se beneficiariam de um tratamento diferenciado, tal como o transplante cardíaco. (Arq Bras Cardiol. 2019; 113(2):188-194)

Palavras-chave: Insuficiência Cardíaca; *Strain* Longitudinal; Torção Mecânica; Anormalidade Torcional; Disfunção Ventricular Esquerda; Ecocardiografia Doppler/métodos.

Abstract

Background: Left ventricular global longitudinal strain value (GLS) can predict functional capacity in patients with preserved left ventricular ejection fraction (LVEF) heart failure (HF) and to assess prognosis in reduced LVEF HF.

Objective: Correlate GLS with parameters of Cardiopulmonary Exercise Test (CPET) and to assess if they could predict systolic HF patients that are more appropriated to be referred to heart transplantation according to CPET criteria.

Methods: Systolic HF patients with LVEF < 45%, NYHA functional class II and III, underwent prospectively CPET and echocardiography with strain analysis. LVEF and GLS were correlated with the following CPET variables: $\max\text{VO}_2$, VE/VCO_2 slope, heart rate reduction during the first minute of recovery (HRR) and time needed to reduce $\max\text{VO}_2$ in 50% after physical exercise ($T_{1/2}\text{VO}_2$). ROC curve analysis of GLS to predict $\text{VO}_2 < 14 \text{ mL/kg/min}$ and $\text{VE}/\text{VCO}_2 \text{ slope} > 35$ (heart transplantation's criteria) was performed.

Results: Twenty six patients were selected (age, 47 ± 12 years, 58% men, mean LVEF = $28 \pm 8\%$). LVEF correlated only with $\max\text{VO}_2$ and $T_{1/2}\text{VO}_2$. GLS correlated to all CPET variables ($\max\text{VO}_2$: $r = 0.671$, $p = 0.001$; VE/VCO_2 slope: $r = -0.513$, $p = 0.007$; HRR: $r = 0.466$, $p = 0.016$, and $T_{1/2}\text{VO}_2$: $r = -0.696$, $p = 0.001$). GLS area under the ROC curve to predict heart transplantation's criteria was 0.88 (sensitivity 75%, specificity 83%) for a cut-off value of -5.7% , $p = 0.03$.

Conclusion: GLS was significantly associated with all functional CPET parameters. It could classify HF patients according to the functional capacity and may stratify which patients have a poor prognosis and therefore to deserve more differentiated treatment, such as heart transplantation. (Arq Bras Cardiol. 2019; 113(2):188-194)

Keywords: Heart Failure; Longitudinal Strain; Torsion, Mechanical; Torsion Abnormality; Ventricular Dysfunction, Left; Echocardiography, Doppler/Methods.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Simone Cristina Soares Brandão •

Universidade Federal de Pernambuco – Pós-Graduação em Ciências da Saúde - Av. Professor Moraes Rego, 1235. CEP 50670-901, Cidade Universitária, Recife, PE – Brasil

E-mail: sbrandaonuclearufpe@gmail.com

Artigo recebido em 19/07/2018, revisado em 28/10/2018, aceito em 14/11/2018

Introdução

O teste de exercício cardiopulmonar (TECP) é o método considerado padrão-ouro para avaliar a capacidade funcional em pacientes com insuficiência cardíaca (IC). O teste permite medir, durante o exercício, o consumo máximo de oxigênio pelo miocárdio (maxVO_2), a produção de dióxido de carbono (CO_2), a inclinação da razão ventilação por minuto/produção de CO_2 (VE/VCO_2), a cinética de recuperação do VO_2 após esforço físico ($T_{1/2}\text{VO}_2$), além de estratificar o risco cardiovascular e prever mortalidade e hospitalização por esses parâmetros. Por exemplo, valores de $\text{VO}_2 < 14 \text{ mL/kg/min}$ e inclinação de $\text{VE}/\text{VCO}_2 > 35$ são critérios para transplante cardíaco.¹⁻⁴ Além disso, o TECP avalia a presença de disautonomia, medindo-se a recuperação da frequência cardíaca (RFC) no primeiro minuto após o exercício,^{5,6} fato que está diretamente relacionado ao desfecho cardiovascular.⁷⁻⁹

No entanto, em pacientes com IC sistólica, a redução da contratilidade miocárdica medida principalmente por ecocardiografia, pela fração de ejeção ventricular esquerda (FEVE), é o principal parâmetro de classificação do grau de dano ao miocárdio,¹⁰ apesar de seu valor estar pouco associado com os sintomas clínicos e a capacidade funcional desses pacientes.^{1,10} A análise da deformação (*strain*) é uma ferramenta mais recente da ecocardiografia que se demonstrou mais eficaz na análise do desarranjo global do ventrículo esquerdo (VE) em comparação à medida da FEVE.¹⁰

Estudos recentes mostram que o valor do *strain* longitudinal global (SLG) do VE é capaz de prever a capacidade funcional em pacientes com IC e FEVE preservada,¹¹ e avaliar o prognóstico de pacientes com IC e FEVE reduzida, em comparação aos escores de expectativa de vida.¹² Além disso, essa técnica avalia o grau de deformação miocárdica e parece prever o grau de fibrose regional e global do VE.¹³ Contudo, não há estudos comparando o SLG com parâmetros do TECP em pacientes com IC sistólica. O objetivo deste estudo foi correlacionar valores do SLG com parâmetros funcionais do TECP, e avaliar se o SLG poderia identificar quais pacientes com IC sistólica deveriam ser encaminhados ao transplante cardíaco segundo critérios do TECP.

Métodos

Este é um estudo transversal, prospectivo, observacional, realizado segundo recomendações STROBE.¹⁴ Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa de nossa instituição (número 1507992).

A população do estudo foi composta de adultos (21-65 anos) de ambos os sexos, com diagnóstico de IC em classe funcional II e III pela *New York Heart Association* (NYHA), sedentários, com disfunção sistólica (FEVE $< 45\%$) avaliada por ecocardiografia transtorácica realizada em até um mês antes de serem encaminhados para o programa cardiopulmonar e recrutados para este estudo. Os dados foram coletados entre janeiro de 2015 e março de 2016.

Os critérios de exclusão foram: presença de deformidade no rosto do paciente que impedisse o ajuste da máscara para realizar o TECP, doenças ortopédicas ou neurológicas que pudessem inviabilizar a realização do exame, problemas

psicológicos que restringissem os pacientes de responderem os questionários, IC classe funcional IV ou internação por descompensação cardíaca nos últimos três meses, angina instável, infarto do miocárdio ou cirurgia cardíaca até três meses antes do estudo, volume expiratório no primeiro segundo ou capacidade vital forçada $< 70\%$ do predito, caracterizando doença respiratória obstrutiva.

Para fins de padronização, todos os exames foram realizados por apenas um examinador. Nenhum deles teve acesso aos resultados de outras avaliações dos pacientes. Os pesquisadores responsáveis pela coleta de dados não realizaram os TECPs, assegurando o caráter cego do estudo.

Teste de exercício cardiopulmonar

Todos os pacientes do estudo foram submetidos ao TECP pelo protocolo de rampa em uma esteira rolante (*Centurium 300*, Micromed, Brasil). Utilizou-se o programa ErgoPC Elite® associado ao eletrocardiógrafo de 12 canais. As variáveis respiratórias foram avaliadas por um analisador de gás (Cortex - Metalyzer II, Alemanha), e obtidas em condições padrões de temperatura, pressão e umidade, a cada respiração, com o paciente respirando durante o exercício por uma máscara facial sem aberturas. Durante o teste, foram avaliados capacidade funcional, maxVO_2 medida em METs, máximo VE/VCO_2 , inclinação de VE/VCO_2 , $T_{1/2}\text{VO}_2$ e RFC.

Ecocardiografia

Todas as ecocardiografias foram realizadas segundo recomendações da *American Society of Echocardiography*.¹⁴ Os pacientes foram submetidos à ecocardiografia bidimensional, utilizando-se o sistema de ultrassom Vivid I (GE Medical Systems, Horten, Noruega), com transdutor multifrequência de 2,5 a 5,0 MHz.

Após o exame, foi realizada análise do *strain* por meio de um programa de análise de ecocardiograma (EchoPAC, GE Medical Systems, Horten, Noruega, versão 10.0). As imagens das seções longitudinais foram analisadas (4 câmaras, 3 câmaras, e 2 câmaras).¹⁵ Uma região de interesse foi aplicada automaticamente pelo programa e, quando necessário, ajustada manualmente. A análise do *strain* foi feita por um programa específico a essa análise. Os pacientes foram excluídos quando a qualidade de mais de dois segmentos foi considerada insuficiente para monitoramento pelo sistema de análise.¹⁶

Análise estatística

Para o cálculo da amostra, foi utilizado o programa G*Power 3,¹⁷ no qual selecionamos a opção post-hoc com $\alpha = 0,05$ e hipótese bicaudal. Assim, foram escolhidas as duas variáveis espiroergométricas mais importantes para a população estudada: maxVO_2 e inclinação de VE/VCO_2 . Encontramos um tamanho do efeito de 0,81 ($R^2 = 0,67$) para o maxVO_2 e 0,71 ($R^2 = 0,51$) para a inclinação de VE/VCO_2 . Encontramos para ambas as variáveis um poder de 99%, sendo necessários 25 indivíduos na amostra.

Os pacientes foram posteriormente divididos em dois grupos de acordo com os valores de maxVO_2 e inclinação de VE/VCO_2 : grupo 1 - $\text{maxVO}_2 > 14 \text{ mL/kg/min}$ e/ou inclinação

de $VE/VCO_2 < 35$; e grupo 2 - $\max VO_2 < 14 \text{ mL/kg/ min}$ e inclinação de $VE/VCO_2 > 35$ (critérios de indicação classe IIa para transplante cardíaco).¹⁶

As variáveis categóricas foram apresentadas por frequência absoluta e relativa; as variáveis quantitativas paramétricas por média e desvio padrão; e as variáveis não paramétricas em mediana e intervalo interquartil. A normalidade dos dados quantitativos foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para as comparações das variáveis paramétricas, o teste t de Student foi usado para as amostras independentes, e o teste de Mann-Whitney para as variáveis não paramétricas. Para comparação das variáveis categóricas, usamos o teste não paramétrico do qui-quadrado.

Na segunda etapa das análises, a correlação entre os valores de SLG com as variáveis espiroergométricas foi realizada pelo coeficiente de Pearson para variáveis paramétricas, e coeficiente de Spearman para variáveis não paramétricas. Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) foi realizada para avaliar a capacidade do SLG em prever $\max VO_2 < 14 \text{ mL/kg/min}$ e inclinação do $VE/VCO_2 > 35$.

O nível de significância adotado nas análises estatísticas foi $p < 0,05$. Os dados foram organizados em uma planilha do programa Excel, e as análises realizadas pelo programa de cálculos estatísticos SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 23.

Resultados

Durante o estudo, 39 pacientes com IC foram encaminhados para o programa de reabilitação cardiopulmonar. Desses, 10 não foram incluídos devido a uma FEVE maior que 45%, um paciente não foi incluído por apresentar uma janela acústica inadequada para as análises subsequentes do SLG, e dois pela presença de arritmia. Portanto, 26 pacientes (idade média de 47 ± 12 anos, 58% homens) participaram do estudo (Tabela 1).

Em relação aos resultados do TECP, a média do $\max VO_2$ foi $19,09 \pm 9,52 \text{ mL/kg/min}$ e a inclinação de VE/VCO_2 $39,43 \pm 9,91$. A RFC média foi de $19,65 \pm 17,42 \text{ bpm}$ e o $T_{1/2} VO_2$ médio de $168,61 \pm 43,90$ s. Na ecocardiografia, a FEVE média foi $28,0 \pm 8,6\%$, e o SLG médio $-7,5 \pm 3,92\%$ para todos os pacientes do estudo (Tabela 1).

Correlação das variáveis do TECP com as medidas de FEVE e SLG

Ao comparar os dados do TECP com resultados da FEVE (Tabela 2), observou-se uma correlação positiva com o $\max VO_2$ ($r = 0,585$, $p = 0,02$), e negativa com $T_{1/2} VO_2$ ($r = -0,530$; $p = 0,005$). As demais variáveis não apresentaram correlação (Tabela 2).

O SLG mostrou correlação significativa com todas as variáveis do TECP analisadas. Esse parâmetro mostrou uma correlação positiva com o $\max VO_2$ e RFC, e uma correlação inversa com a inclinação do VE/VCO_2 e o $T_{1/2} VO_2$ (Tabela 2, Figura 1).

Em relação ao grupo com $VO_2 > 14 \text{ mL/kg/min}$ e inclinação do $VE/VCO_2 < 35$, e ao grupo com $VO_2 < 14 \text{ mL/kg/min}$ e inclinação do $VE/VCO_2 > 35$, não foram encontradas diferenças quanto às variáveis clínicas, comorbidades e

Tabela 1 – Características da população estudada

Variável	(n = 26)
Idade (anos), média ± DP	47,31 ± 12,71
Sexo: n (%)	
Masculino	15 (57,7)
Feminino	11 (42,3)
IMC (Kg/m ²): Média ± DP	29,31 ± 5,38
Comorbidades: n (%)	
HAS	20 (77)
DM	15 (61)
Etiologia da Insuficiência Cardíaca: n (%)	
Isquemia	6 (23)
Hipertensão	10 (39)
Miocardite	4 (15)
Doença de Chagas	1 (4)
Idiopática	5 (19)
Medicação: n(%)	
IECA/BRA	23 (88)
Betabloqueador	26 (100)
Diuréticos	22 (84)
FEVE (%) (média ± DP)	28,0 ± 8,62
Strain (%) (média ± DP)	-7,5 ± 3,92
$\max VO_2$ (média ± DP)	19,09 ± 9,52
Inclinação de VE/VCO_2 (média ± DP)	39,43 ± 9,91
RFC (bpm) (média ± DP)	19,65 ± 17,42
$T_{1/2} VO_2$ (s) (média ± DP)	168,61 ± 43,90

IMC: índice de massa corporal; HAS: hipertensão arterial sistêmica; DM: diabetes mellitus; IECA: inibidor da enzima conversora de angiotensina; BRA: bloqueador de receptor de angiotensina; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; $\max VO_2$: consumo máximo de oxigênio; inclinação do VE/VCO_2 : inclinação da razão ventilação por minuto/produção de dióxido de carbono; RFC: recuperação da frequência cardíaca; $T_{1/2} VO_2$: tempo de recuperação de 50% do VO_2 .

medicamentos utilizados. No entanto, observaram-se diferenças nas variáveis ecocardiográficas, como mostradas na Tabela 3.

A área sob a curva ROC (Figura 2) para o valor índice do SLG como preditor de baixa capacidade funcional e de um pior prognóstico foi 0,88 (IC95% = 0,75 a 1,00), com sensibilidade de 75%, especificidade de 83%, valor preditivo positivo de 67%, e valor preditivo negativo de 88%, para um ponto de corte para SLG de $-5,7\%$, $p = 0,03$.

Discussão

No presente estudo, em pacientes com IC sistólica encaminhados para um programa de reabilitação cardiopulmonar, o SLG associou-se significativamente com os parâmetros funcionais do TECP. Aparentemente, o SLG foi mais preciso que a FEVE em classificar os pacientes com IC

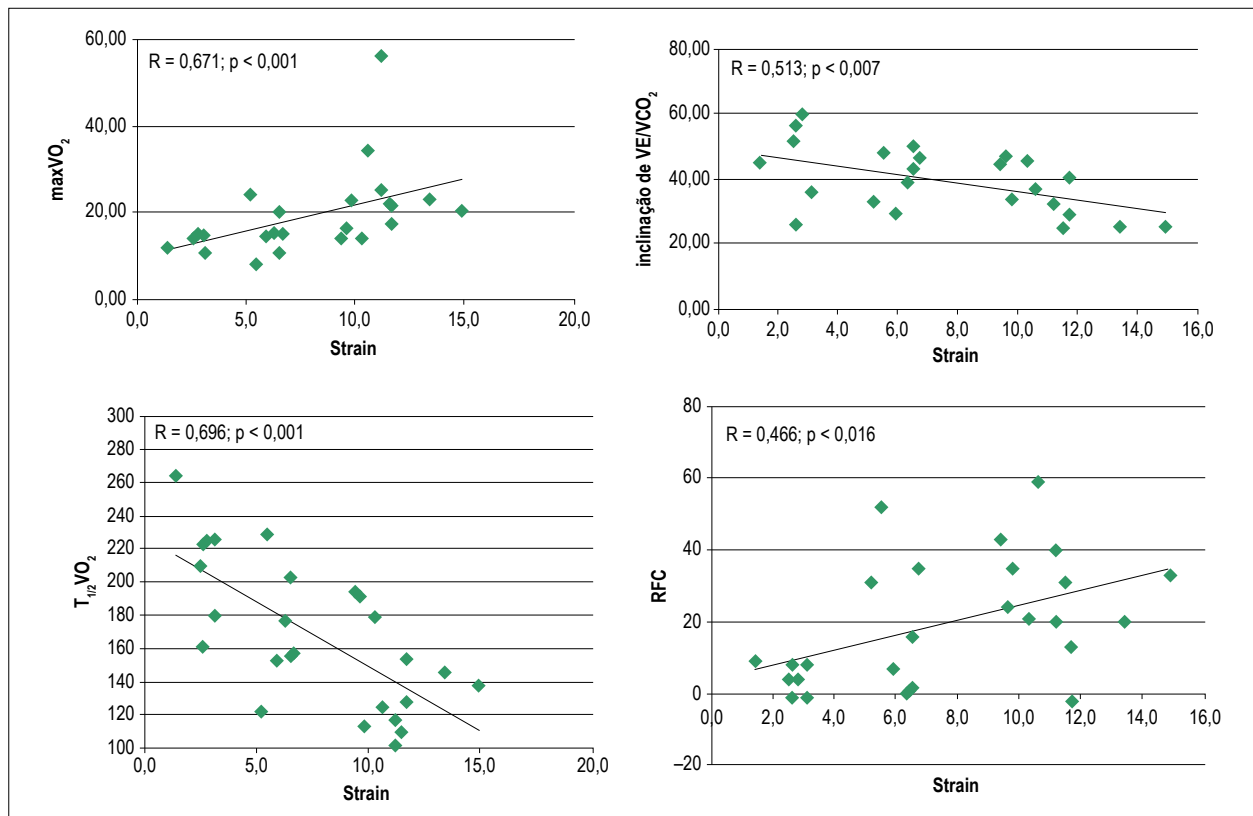


Figura 1 – Gráfico de dispersão do índice do strain longitudinal global (SLG) comparado ao maxVO₂, à inclinação da razão ventilação por minuto/produção de dióxido de carbono (VE/VCO₂), recuperação da frequência cardíaca (RFC), e tempo de recuperação de 50% do VO₂ (T_{1/2}VO₂).

Tabela 2 – Correlação das variáveis numéricas do teste de exercício cardiopulmonar com fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) e índice do strain longitudinal global (SLG)

Variáveis	FEVE (valor de p)	SLG (valor de p)
RFC-bpm	0,288 (0,154) ⁽¹⁾	0,466 (0,016) ⁽¹⁾
maxVO ₂	0,585 (0,002) ⁽²⁾	0,671 (< 0,001) ⁽²⁾
Inclinação de VE/VCO ₂	-0,330 (0,100) ⁽¹⁾	-0,513 (0,007) ⁽¹⁾
T _{1/2} VO ₂	-0,530 (0,005) ⁽¹⁾	-0,696 (< 0,001) ⁽¹⁾

RFC: recuperação da frequência cardíaca; T_{1/2}VO₂: tempo de recuperação de 50% do VO₂; inclinação de VE/VCO₂: inclinação da razão ventilação por minuto/produção de dióxido de carbono; maxVO₂: consumo máximo de oxigênio. *p < 0,05; (1) – coeficiente de Pearson; (2) – coeficiente de Spearman.

de acordo com a capacidade funcional e, assim, seria capaz de estratificar quais pacientes apresentam um prognóstico ruim, merecendo um tratamento diferenciado, tal como o transplante cardíaco.

Estudos prévios mostraram que a FEVE não teve correlação com a capacidade funcional.^{1,10} No entanto, dados sobre a associação entre a tolerância ao exercício e os resultados da análise por strain cardíaco são limitados. Este estudo mostrou que a FEVE associou-se com maxVO₂ and T_{1/2}VO₂, mas não teve correlação com outras variáveis do TECP. Uma vez que valores de VO₂ pico e da inclinação de VE/VCO₂ são parâmetros que ajudam na tomada de decisões em pacientes com IC terminal,^{4,16} e que, no presente estudo, o SLG correlacionou-se com essas variáveis, podemos sugerir que o SLG possa ter significância prognóstica

nesse grupo de pacientes. Ainda, a correlação do SLG com o maxVO₂ e o T_{1/2}VO₂ foi melhor que a da FEVE, demonstrando, assim, que o SLG é uma ferramenta mais precisa.

Hasselberg et al.,¹¹ em seu estudo que avaliou pacientes com IC, tanto com FEVE normal como com FEVE reduzida, mostrou a importância do SLG como um preditor de capacidade no exercício de pacientes com IC e FEVE preservada.¹¹ No entanto, esses autores não conseguiram demonstrar essa relação nos pacientes com FEVE reduzida. Em nosso estudo, nós observamos essa correlação entre SLG e capacidade funcional, o que pode ser explicado pelo fato de que os pacientes incluídos no estudo se encontravam em estágios mais avançados da disfunção cardíaca. A média do SLG em nosso estudo foi pior que no estudo de Hasselbach et al.¹¹

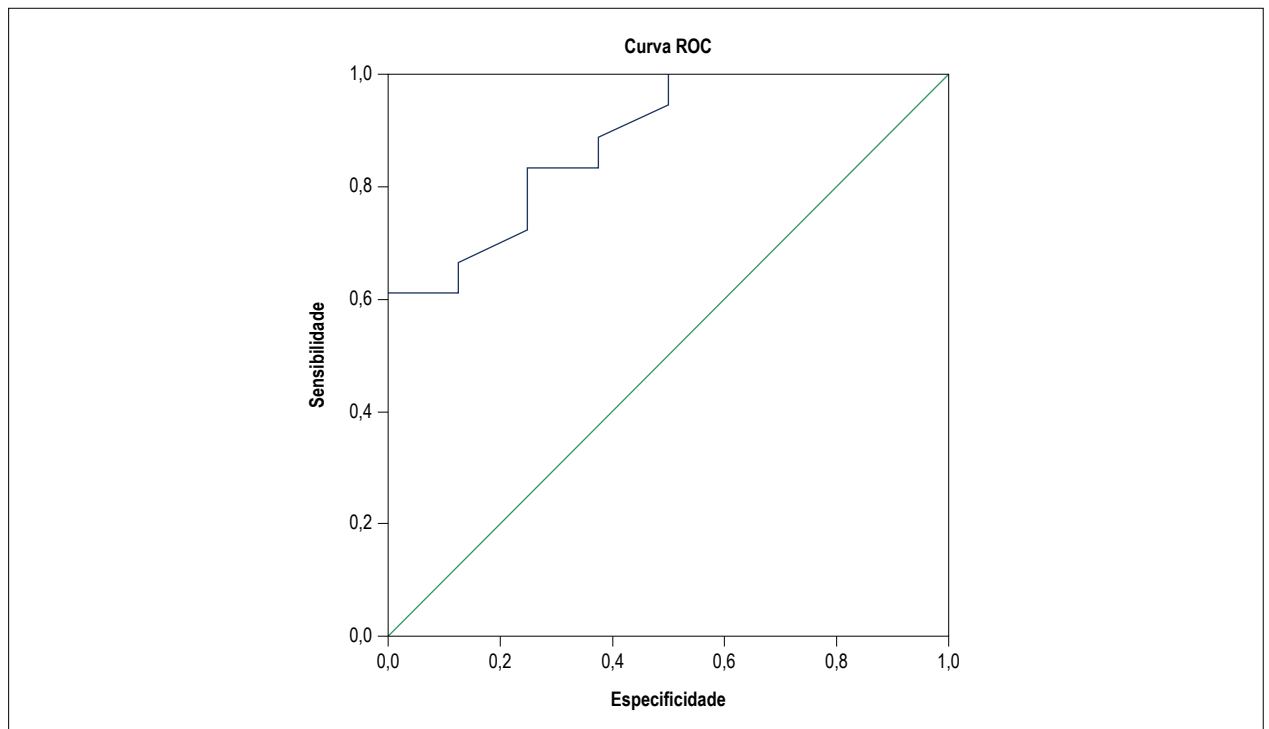


Figura 2 – Curva ROC para avaliar a capacidade do índice do strain longitudinal global (SLG) em prever $VO_2 < 14$ mL/kg/min e inclinação da razão ventilação por minuto/produção de dióxido de carbono (VE/VCO_2) > 35 ; sensibilidade de 75% e especificidade de 83% para um ponto de corte de SLG de $-5,7\%$, $p = 0,03$.

O $T_{1/2}VO_2$ também tem se mostrado uma importante ferramenta na predição de desfechos. Quanto maior o tempo de recuperação do VO_2 dos pacientes com IC após o exercício físico, pior é o prognóstico cardiovascular.¹⁸⁻²¹ Nosso estudo demonstrou que o SLG foi capaz de identificar os pacientes que apresentam recuperação tardia do VO_2 . Quanto menor o valor do SLG, maior o tempo necessário para o VO_2 após esforço físico reduzir pela metade, sugerindo a hipótese de que o SLG poderia estimar o prognóstico do paciente.

Outra evidência que apoia a importância prognóstica do SLG foi a análise da disautonomia. Sabe-se que existe uma relação entre RFC no primeiro minuto após o exercício físico e a mortalidade. O prognóstico cardiovascular parece ser independente de sintomas, do tipo de protocolo de recuperação, da FEVE e da gravidade das lesões na angiografia coronária.^{7-9,21,22} Este estudo mostrou uma relação direta dos valores de SLG com RFC no primeiro minuto após o esforço, com uma queda menos acentuada na frequência cardíaca dos pacientes que apresentaram menor valor de GLS.

Cameli et al.¹³ avaliaram pacientes com IC grave, com indicação de transplante cardíaco e, por histopatologia do coração após o transplante, observaram que nenhum parâmetro ecocardiográfico, realizado antes do transplante cardíaco, correlacionou-se com a presença de fibrose, com exceção do SLG. Portanto, um SLG mais baixo indica a presença de mais fibrose cardíaca e, conseqüentemente, menor deformação e espessamento do miocárdio, e defeitos no relaxamento e na contratilidade. Essas alterações implicam em baixa capacidade funcional, e são responsáveis

por um pior prognóstico.¹³ No entanto, no estudo de Cameli et al.,¹³ a capacidade funcional não foi avaliada por um teste objetivo tal como o TECP.

Rangel et al.¹² avaliaram pacientes com FEVE menor que 45% e mostraram que o valor de SLG se correlacionou com estágios mais avançados da doença, e foi um preditor independente de expectativa de vida.¹² Portanto, em pacientes com IC grave e FEVE similar, o SLG foi capaz de mostrar quais pacientes apresentariam um desfecho desfavorável. Nosso estudo mostrou que em pacientes com FEVE reduzida, o valor de SLG mais baixo correlacionou-se com parâmetros de TECP que avaliam a tolerância ao exercício e prognóstico da doença.

Ao avaliar o ponto de corte do SLG em prever um prognóstico ruim, Rangel et al.¹² utilizaram o *Seattle Heart Failure Model* para avaliar a sobrevida em longo prazo, e mostraram que o melhor ponto de corte de SLG foi de $-9,5\%$. Nosso estudo correlacionou o valor de SLG com parâmetros de TECP e sugeriu um ponto de corte de $-5,7\%$ para SLG, com sensibilidade de 75% e especificidade de 83% em prever critérios do TECP para transplante cardíaco.

Limitações do estudo

Considerando o pequeno número de pacientes incluídos no estudo, nossos resultados mostrando que o SLG teve forte correlação com dados do TECP e que foi capaz de identificar pacientes com critérios de espirometria para um pior prognóstico, precisam ser comprovados por um estudo que inclua um maior número de pacientes e acompanhamento

Tabela 3 – Comparação entre grupo 1 - VO_2 max > 14 mL/kg/min e/ou inclinação do VE/VCO_2 < 35 e grupo 2 - $maxVO_2$ < 14 mL/kg/min e inclinação do VE/VCO_2 > 35

Variáveis	VO_2 > 14 mL/kg/min e/ou inclinação de VE/VCO_2 < 35 (n = 18)	VO_2 < 14 mL/kg/min e inclinação de VE/VCO_2 > 35 (n = 8)	Valor de p
Idade (anos): Média ± DP	45,7 ± 13,7	51,0 ± 10,0	0,334 ⁽¹⁾
Sexo: n (%)			
Masculino	11 (61,1)	4 (50,0)	0,683 ⁽²⁾
Feminino	7 (38,9)	4 (50,0)	
IMC (Kg/m ²): Média ± DP	29,4 ± 6,1	29,0 ± 3,7	0,849 ⁽³⁾
Comorbidades: n (%)			
HAS	13 (72,2)	7 (87,5)	0,628 ⁽²⁾
DM	10 (55,6)	6 (75,0)	0,420 ⁽²⁾
Etiologia da IC: n (%)			
Isquemia	5 (27,8)	1 (12,5)	0,628 ⁽²⁾
Hipertensão	7 (38,9)	3 (37,5)	1,000 ⁽²⁾
Miocardite	3 (16,7)	1 (12,5)	1,000 ⁽²⁾
Doença de Chagas	1 (5,6)	0 (0,0)	1,000 ⁽²⁾
Idiopática	2 (11,1)	3 (37,5)	0,281 ⁽²⁾
Medicação: n (%)			
IECA/BRA	16 (88,9)	7 (87,5)	1,000 ⁽²⁾
Betabloqueador	18 (100,0)	8 (100,0)	1,000 ⁽²⁾
Diuréticos poupadores de potássio	15 (83,3)	7 (87,5)	1,000 ⁽²⁾
FEVE (%) (média ± DP)	30,6 ± 8,5	22,4 ± 6,0	0,021 ⁽¹⁾
Strain (%) (média ± DP)	8,6 ± 3,8	5,2 ± 3,3	0,037 ⁽³⁾
max VO_2 (média ± DP)	22,1 ± 10,0	12,4 ± 3,3	0,014 ⁽³⁾
Inclinação de VE/VCO_2 (média ± DP)	35,8 ± 9,3	47,5 ± 5,8	0,003 ⁽¹⁾
RFC (bpm) (média ± DP)	20,2 ± 17,2	18,4 ± 19,0	0,004 ⁽³⁾
$T_{1/2}VO_2$ (s) (média ± DP)	147,5 ± 32,1	216,1 ± 25,7	< 0,001 ⁽¹⁾

IMC: índice de massa corporal; HAS: hipertensão arterial sistêmica; DM: diabetes mellitus; IECA: inibidor da enzima conversora de angiotensina; BRA: bloqueador de receptor de angiotensina; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; max VO_2 : consumo máximo de oxigênio; inclinação de VE/VCO_2 : inclinação da razão ventilação por minuto/produção de dióxido de carbono; RFC: recuperação da frequência cardíaca; $T_{1/2}VO_2$: tempo de recuperação de 50% do VO_2 ; (1) – teste t de Student; (2) – teste de Mann-Whitney; (3) – teste do qui-quadrado.

em longo prazo, para determinar a real capacidade do SLG na avaliação prognóstica e terapêutica na IC sistólica.

Conclusão

Nos pacientes com IC, o SLG mostrou uma associação significativa com os principais parâmetros do TECp, e foi capaz de classificar os pacientes com baixa capacidade funcional. Portanto, o SLG parece ser um parâmetro mais preciso que a FEVE em estratificar os pacientes com IC. Além disso, o SLG tem um importante papel na avaliação dos pacientes com IC terminal.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Brandão SCS, Brandão DC, Leite J, Martins SM, Andrade AD; Obtenção de dados: Maia RJC, Brandão DC, Leite J, Pinheiro F, Araújo BTS, Aguiar MIR, Martins SM; Análise e interpretação dos dados: Brandão SCS, Brandão DC, Leite J, Parente GB, Pinheiro F, Araújo BTS,

Aguiar MIR, Andrade AD; Análise estatística: Brandão SCS, Parente GB; Redação do manuscrito: Maia RJC, Brandão SCS, Leite J; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Brandão SCS, Brandão DC, Andrade AD.

Potencial conflito de interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo foi financiado pela FACEPE APQ-0154-4.08/15; FACEPE IBPG-0450-4.08/17; CNPq 432865/2016-0 e CAPES.

Vinculação acadêmica

Este artigo é parte de dissertação de Mestrado de Rafael José Coelho Maia pela Universidade Federal de Pernambuco.

Aprovação ética e consentimento informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco sob o número de protocolo 38572614.1.000.5208. Todos os procedimentos

envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Referências

1. Arena R, Guazzi M, Cahalin LP, Myers J. Revisiting cardiopulmonary exercise testing applications in heart failure: aligning evidence with clinical practice. *Exerc Sport Sci Rev*. 2014;42(4):153-60.
2. Arena R, Myers J, Aslam SS, Varughese EB, Peberdy MA. Peak VO₂ and VE/VCO₂ slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. *Am Heart J*. 2004;147(2):354-60.
3. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L, et al. EACPR/AHA Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation*. 2012;126(18):2261-74.
4. Parikh MN, Lund LH, Goda A, Mancini D. Usefulness of peak exercise oxygen consumption and the heart failure survival score to predict survival in patients >65 years of age with heart failure. *Am J Cardiol*. 2009;103(7):998-1002.
5. Arena R, Myers J, Abella J, Peberdy MA, Bensimhon D, Chase P, et al. The prognostic value of the heart rate response during exercise and recovery in patients with heart failure: Influence of beta-blockade. *Int J Cardiol*. 2010;138(2):166-73.
6. Freeman JV, Dewey FE, Hadlay DM, Myers J, Froelicher V. Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. *Prog Cardiovasc Dis*. 2006;48(5):342-62.
7. Schwartz P, La Rovete MT, Vanoli E. Autonomic nervous system and sudden cardiac death. Experimental basis and clinical observations for post-myocardial infarction risk stratification. *Circulation*. 1992;85(1 Suppl):177-91.
8. Maddox T, Ross C, Ho P, Masoudi F, Magid D, Daugherty SL, et al. The prognostic importance of abnormal heart rate recovery and chronotropic response among exercise treadmill test patients. *Am Heart J*. 2008;156(4):736-44.
9. Lahiri MK, Kannankeril PJ, Goldberger JJ. Assessment of autonomic function in cardiovascular disease: physiological basis and prognostic implication. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51(18):1725-33.
10. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2016;37(27):2129-2200.
11. Hasselberg NE, Haugaa KH, Sarvari SI, Gullestad L, Andreassen AK, Smiseth OA, et al. Left ventricular global longitudinal strain is associated with exercise capacity in failing hearts with preserved and reduced ejection fraction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(2):217-24.
12. Rangel I, Gonçalves A, de Sousa C, Almeida PB, Rodrigues J, Macedo F, et al. Global longitudinal strain as a potential prognostic marker in patients with chronic heart failure and systolic dysfunction. *Rev Port Cardiol*. 2014;33(7-8):403-9.
13. Cameli M, Mondillo S, Righini FM, Lisi M, Dokollari A, Lindqvist P, et al. Left ventricular deformation and myocardial fibrosis in patients with advanced heart failure requiring transplantation. *J Card Fail*. 2016;22(11):901-7.
14. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Filalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39.
15. Von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vanderbroucke JP, et al. The Strengthening of Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Epidemiology*. 2007;18(6):800-4.
16. Bocchi E, Marcondes-Braga FG, Bacal F, Ferraz AS, Albuquerque D, Rodrigues D, et al. atualização da diretriz brasileira de insuficiência cardíaca crônica - 2012. *Arq Bras Cardiol*. 2012;98(1 supl. 1):1-33.
17. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G* Power 3: a flexible statistical power analyses program for the social, behavioral and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39(2):175-91.
18. de Groote P, Milleire A, Decouls E, Nogue O, Guimier P, Ducloux. Kinetics of oxygen consumption during and after exercise in patients with dilated cardiomyopathy. New markers of exercise intolerance with clinical implications. *J Am Coll Cardiol*. 1996;28(1):168-75.
19. Scruinio D, Passantino A, Lagioia R, Napoli F, Ricci A, Rizzon P. Percent achieved of predicted peak exercise oxygen uptake and kinetics of recovery of oxygen uptake after exercise for risk stratification in chronic heart failure. *Int J Cardiol*. 1998;64(2):117-24.
20. Queirós MC, Mendes DE, Ribeiro MA, Mendes M, Rebocho MaJ, Seabra-Gomes R. Recovery kinetics of oxygen uptake after cardiopulmonary exercise test and prognosis in patients with left ventricular dysfunction. *Rev Port Cardiol*. 2002;21(4):383-98.
21. Vivekananthan DP, Blackstone EH, Pothier CE, Lauer MS. Heart rate recovery after exercise is a predictor of mortality, independent of the angiographic severity of coronary disease. *J Am Coll Cardiol*. 2003;42(5):831-8.
22. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999;341(18):1351-7.

