

Treinamento (*Entrenamiento*) muscular inspiratório para o controle (*el control*) autonômico de indivíduos saudáveis (*sanos*)

Inspiratory muscle training in autonomic control in healthy individuals

Rodrigo Della Múa Plentz

Doutor em Ciências, Professor, Pró-reitor, Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS - (UFCSA), Brasil

Vanessa Giendruczak da Silva, Fisioterapeuta, Mestre em Ciências da Saúde, Cardiopulmonar, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS - (UFCSA), Brasil

Thiago Dipp, Fisioterapeuta, Mestre em Ciências da Saúde, Cardiologia, Instituto de Cardiologia do RS / Fundação Universitária de Cardiologia, Doutorando Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS - (UFCSA), Brasil

Fábrica Edler Macagnan, Fisioterapeuta, Professor Doutor em Ciências, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS - (UFCSA), Brasil

Luisa Cioato Lemos, Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS - (UFCSA), Brasil

Janice Luisa Lukrafka Tartari, Professora Doutora em Ciências, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS - (UFCSA), Brasil

Graciele Sbruzzi, Professora Doutora, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS (UFRGS), Brasil

Acceda a este artículo en siicsalud

Código Respuesta Rápida
(Quick Response Code, QR)



www.siicsalud.com/dato/arsic.php/140299

Recepción: 5/2/2014 - Aprobación: 21/10/2014
Primera edición, www.siicsalud.com: 26/11/2014

Enviar correspondencia a: Rodrigo Della Múa Plentz, Rua Sarmento 246, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 90050170, Brasil
roplentz@yahoo.com.br



Especialidades médicas relacionadas, producción bibliográfica y referencias profesionales de los autores.

Abstract

Objective: To evaluate the acute effects of different inspiratory muscle training (IMT) overloads on cardiovascular autonomic modulation. **Methods:** A randomized crossover trial with 19 young and healthy subjects aged between 18 and 35 years old (47% men, 25 ± 5 years). Heart beat was recorded before and after 10 minutes (acute), 60 minutes (sub-acute), and 24 hours (chronic) of IMT at 30% and 60% of maximal inspiratory pressure (MIP). A Polar® RS800CX cardiomonitor and Kubios software were used to analyze heart rate variability (HRV). A linear inspiratory resistor device (Powerbreathe®) was used for IMT. **Results:** The HRV was significantly changed by IMT in acute and sub-acute times, but only after 60% of MIP. The HRV on time domain (R-R interval) was significantly reduced, on frequency domain the HF(nu) was reduced whereas both LF(nu) and autonomic balance (LF/HF) increased. In the sub-acute phase, the same behaviour was verified on HF(nu), LF(nu) and autonomic balance (LF/HF). When the two loads were compared, the magnitude of the effect was higher in acute phase at 60% MIP on NN50, LF/HF, LF(nu) as well for RR intervals, NN50, LF(nu) e HF(nu) at sub-acute phase ($p < 0.05$). **Conclusions:** The IMT overload reduced the parasympathetic and increased the sympathetic modulation of the HRV in acute and sub-acute periods only at 60% of MIP in the healthy subjects.

Key words: respiratory exercise, training, overload, autonomic nervous system

Resumo

Objetivo: Verificar o efeito (*el efecto*) agudo de diferentes sobrecargas de treinamento (*entrenamiento*) muscular inspiratório (TMI) sobre a (*la*) modulação autonômica cardiovascular em indivíduos saudáveis. **Métodos:** Ensaio (*Ensayo*) clínico randomizado cruzado. Foram (*Fueron*) incluídos voluntários saudáveis (*sanos*) entre 18 e 35 anos. A variabilidade da (*de la*) frequência cardíaca (VFC) foi analisada antes e após o (*y después del*) TMI aos (*a los*) 10 minutos, 60 minutos e 24 horas (agudo, subagudo e tardio, respectivamente). A força (*La fuerza*) muscular inspiratória foi avaliada (*fue evaluada*) através da (*de la*) medida de pressão inspiratória máxima (PImáx) com a utilização do (*del*) manovacuômetro digital MVD 300 (Microhard System®, Globalmed, Porto Alegre, Brasil). O TMI foi realizado à 30% e 60% da PImáx ajustados no (*en el*) dispositivo pressórico linear Powerbreathe®. **Resultados:** Foram avaliados dezenove (*diecinueve*) indivíduos (47% homens, 25 ± 5 anos). Na (*En la*) fase aguda apenas com 60% da PImáx houve redução (*hubo una reducción*) significativa da variabilidade dos (*de los*) intervalos RR e no (*y en el*) componente de alta frequência (HFnu), enquanto que o (*mientras que el*) componente de baixa (*baja*) frequência (LFnu) e o balanço (*y el equilibrio*) autonômico (LF/HF) aumentaram significativamente. Na (*En la*) fase subaguda, o mesmo comportamento foi observado para HFnu, LFnu, LF/HF. Quando comparadas as (*Cuando se compararon las*) sobrecargas, houve (*hubo*) aumento significativo na (*en la*) magnitude do efeito a 60% PImáx para NN50, LF/HF, LFnu, HFnu na fase aguda, bem como, para (*así como para*) RR, NN50, LFnu e HFnu na fase subaguda ($p < 0.05$). **Conclusão:** Agudamente, o efeito do TMI à 60% da PImáx foi maior deslocando a (*fue más grande, desplazando la*) modulação autonômica do sistema cardiovascular em indivíduos saudáveis para um predomínio simpático.

Palavras chave: exercício respiratório, treinamento, sobrecarga, sistema nervoso autônomo

Introdução

O treinamento muscular inspiratório (TMI) apresenta evidências quanto aos seus efeitos (*en relación con sus efectos*) benéficos em diferentes populações e para diferentes finalidades tais como melhora da força, endurance dos (*mejora la fuerza, la resistencia de los*) músculos venti-

latórios,¹⁻⁴ aumento da capacidade funcional e qualidade de vida de pacientes.^{5,6} Alguns mecanismos são propostos (*fueron propuestos*) para explicar essas melhoras entre eles se destacam as repercussões do TMI sobre fluxo (*flujo*) sanguíneo periférico, na pressão (*en la presión*) sanguínea, no consumo máximo de oxigênio e no controle (*y en el control*) autonômico cardiovascular observado em populações distintas.⁶⁻⁹

Outro aspecto que deve ser mencionado é a estreita relação entre o (*es la estrecha relación entre el*) sistema respiratório e o cardiovascular. Sabe-se que as oscilações

Agradecimentos

Este estudo foi apoiado financeiramente em parte pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

na (*Las oscilaciones en la*) frequência cardíaca (FC) associadas ao ciclo respiratório demonstram que a respiração interage com a circulação por meio (*interactúa con la circulación a través*) de vários mecanismos. A ventilação pulmonar produz modulação da pressão intratorácica, mudanças no (*cambios en el*) retorno venoso e alteração no volume de ejeção (*y alteración en el volumen de eyección*), levando a mudanças fásicas na (*provocando cambios en la*) pressão sistólica e na frequência cardíaca.^{6,10} O sistema nervoso autônomo (SNA), através de uma rede ampla de informações e diferentes tipos de receptores,¹¹ atua pela (*actúa por la*) ativação simpática e parassimpática, regulando a pressão de perfusão pelas variações no débito cardíaco (DC) e na resistência vascular periférica (RVP), exercendo o controle da (*ejerciendo el control de la*) pressão arterial (PA).^{6,10,12}

Contudo, apesar dos benefícios do (*Entonces, a pesar de que los beneficios del*) TMI estarem bem estabelecidos do ponto de vista funcional e haver suficiente evidência a respeito de sua (*en referencia a su*) contribuição para a melhora da qualidade (*de la calidad*) de vida de portadores de disfunção cardiopulmonar,^{5,6,13} existem poucos estudos sobre o efeito da (*el efecto de la*) carga de trabalho na modulação do (*trabajo en la modulación del*) sistema cardiopulmonar,^{7,9,14} e na variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

Trabalhos têm demonstrado o efeito do (*han demostrado el efecto del*) TMI sobre o SNA, Ferreira e col. encontraram resultados em pacientes hipertensos onde houve (*donde se manifestó*) redução da modulação simpática e predomínio da modulação parassimpática.⁷ Também em pacientes com doença (*con enfermedad*) cardíaca crônica foi demonstrado que, após (*después de*) 12 semanas de TMI com 30% da pressão inspiratória máxima (Plmáx), houve diminuição na atividade nervosa simpática muscular.⁹

Em populações saudáveis, também se verifica a ação do (*la acción del*) TMI sobre os sistemas respiratório e cardiovascular. Um estudo com oito (*Un estudio con ocho*) remadores (*remeros*) observou o efeito agudo de cargas de 50% a 90% da Plmáx cujos resultados demonstraram aumento na FC em todas as cargas utilizadas.¹⁵ Além disso (*Además*), protocolos com cargas de 50% a 100% da Plmáx, induzindo à fadiga muscular do (*la fatiga muscular del*) diafragma, vêm sendo utilizados¹⁶ e os (*y los*) resultados mostraram repercussão no sistema cardiovascular com o aumento da FC e da PA, assim como, o (*así como, el*) aumento da atividade nervosa simpática muscular.^{12,17,18} Estas informações forneceram evidências a respeito da (*proporcionan evidencias en referencia a la*) repercussão das cargas de TMI sobre os sistemas respiratório e cardiovascular.

Apesar dos benefícios fisiológicos do TMI estarem relatados na (*están descritos en la*) literatura em diversas populações, ainda não há um (*todavía no hay un*) consenso na literatura internacional para a carga e o tempo utilizados nos (*y el tiempo utilizado en los*) protocolos em treinamentos (*en los entrenamientos*). A fim de atingir os efeitos fisiológicos desejados (*Con el propósito de alcanzar los efectos fisiológicos deseados*), os protocolos têm variado na duração do (*se han modificado en cuanto a la duración del*) treinamento muscular inspiratório desde semanas,^{7,19} meses²⁰ até um ano.²¹

Portanto, o objetivo desse estudo foi (*el objetivo de este estudio fue*) verificar o efeito do TMI sobre a modulação do SNA cardiovascular para testar a (*probar la*) hipótese

de que a sobrecarga aguda da musculatura inspiratória altera a modulação do SNA de indivíduos saudáveis de forma dependente da intensidade utilizada.

Métodos

Ensaio clínico randomizado do tipo cruzado. Foram incluídos voluntários saudáveis de ambos os sexos com idade entre 18 e 35 anos (*de entre 18 y 35 años de edad*), sem história de doença cardiovascular ou pulmonar, que não faziam uso de nenhuma (*que no tomaban ninguna*) medicação, sedentários que não praticassem atividade física recreativa ou competitiva acima de duas vezes (*más de dos veces*) por semana. Foram excluídos indivíduos tabagistas (*fumadores*), obesos (índice de massa corporal [IMC] ≥ 35 kg/m²) e com histórico de doenças prévia ou ativa (*enfermedades anteriores o actuales*).

Este estudo foi aprovado pelo (*por el*) Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre- UFCSPA (nº075/05). O experimento foi conduzido no (*El experimento fue seguido en el*) Laboratório de Fisiologia da UFCSPA após a leitura e assinatura do (*luego de la lectura y firma del*) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

O protocolo foi realizado em ambiente silencioso e com temperatura controlada ($22 \pm 1^\circ\text{C}$). Os voluntários foram orientados a suspenderem o consumo (*a suspender el consumo*) de bebidas alcoólicas, cafeína, chimarrão (*mate*), bebidas adoçadas (*endulzadas*) artificialmente, chocolate, a não praticarem (*a no practicar*) atividade física no dia anterior e realizarem uma refeição, pelo (*y realizar una comida liviana al*) menos, 2 horas antes da avaliação (*de la evaluación*).

A força (*La fuerza*) muscular inspiratória foi avaliada através da medida (*fue evaluada con la medición*) de Plmáx com a utilização do manovacuômetro digital MVD 300 (*Microhard System*,[®] Globalmed, Porto Alegre, Brasil), escalonado em ± 300 cm H₂O.²² Para análise dos resultados foram considerados os valores absolutos e em percentual do predito pelas equações propostas (*y en porcentaje de lo prefijado por las ecuaciones propuestas*) por Neder e col.²³

Para avaliação do controle autonômico, os voluntários permaneceram em supino com a cabeceira da maca a (*en decúbito supino y con la cabecera de la camilla a*) 45° de inclinação para a aquisição do sinal (*la toma de la señal*), foram orientados a permanecerem tranquilos e sem movimentação (*y sin movimiento*). Após um breve período de repouso (*Luego de un corto período de reposo*) para estabilização da FC (20 minutos), o sinal foi registrado por 10 minutos (basal). Além disso (*Además*), foram captados os primeiros 10 minutos, imediatamente após a (*después de la*) sobrecarga dos músculos inspiratórios (agudo), assim como, os últimos 10 minutos após 1 hora (subagudo) e, após 24 h (tardio).

A avaliação do (*La evaluación del*) controle autonômico foi realizada com frequencímetro da marca Polar® modelo RS800CX (Polar Electro öy, Kempele, Finland). A cinta com o sensor foi posicionada no (*La cinta con el sensor fue ubicada en el*) tórax do participante e o sinal automaticamente armazenado em intervalo RR e analisado posteriormente pelo *software* Kubios HRV (University of Kuopio, Kuopio, Finland). A frequência de amostragem foi fixada (*La frecuencia de la muestra fue fijada*) a 1 000 Hz para fornecer uma (*proporcionar una*) resolução temporal de 1 ms para o intervalo RR, para o desvio padrão (*la desviación estándar*) de intervalos

los RR normais (SDNN), para a raiz quadrada da m edia da soma das diferenas entre os intervalos normais adjacentes ao (*adyacentes a*) quadrado (RMSSD), para a porcentagem da diferena entre intervalos RR normais adjacentes que excedam 50 milissegundos (PNN50) e para o (*y para el*) valor da diferena entre intervalos RR normais adjacentes que excedam 50 milissegundos (NN50).

A transformao rápida de Fourier foi utilizada para determinar a VFC com base no (*basada en el*) poder espectral em duas frequências distintas; alta frequência (*high-frequency* [HF]) de 0.15-0.4 Hz e baixa frequência (*low-frequency* [LF]) com banda de 0.04-0.15 Hz. Os resultados foram expressos em (*Los resultados fueron expresados en*) valores absolutos normalizados (HF nu, LF nu), onde a fora (*donde la fuerza*) individual de um espectro é dividida pela fora total, diminuída do VLF e multiplicada por 100. O balano aut nomo foi calculado através de uma razão (*El balance aut nomo se calcul  como la relación*) entre LF e HF (LF/HF).

O TMI com diferentes sobrecargas foi realizado em dois (*en dos*) momentos com intervalo de 15 dias entre eles. Foi utilizado um dispositivo pressórico linear *Powerbreathe*® (POWERbreathe; HaB International Ltd, Southam, UK). Os voluntários foram devidamente posicionados em supino com cabeceira elevada a aproximadamente 45  de inclinao. Antes de iniciar o protocolo de TMI, a sobrecarga do aparelho foi (*del equipo fue*) ajustada conforme o (*de acuerdo con el*) sexo, idade, dados antropométricos e a (*información antropométrica y la*) carga press rica mensurada previamente em 30%, ou 60% da Plm x. Os voluntários foram instruídos a manter respirao diafragm tica e o TMI foi realizado em ciclos de 30 repeties, com intervalo de 30 segundos entre cada ciclo. Foi cronometrado o tempo (*Se cronometr  el tiempo*) de cada ciclo a fim de compor um tempo (*con el fin de componer un tiempo*) total de 15 minutos de treinamento. Em ambos momentos, a Plm x foi mensurada de acordo com metodologia já descrita e a ordem das (*ya descrita y el orden de las*) intervenes foi randomizada, por programa de computador (www.random.org.br), para cada um dos dias de experimento por um investigador cego.

Os tempos de coleta para o (*Los tiempos de recolección para el*) registro do controle aut nomo foi captado nos (*en los*) primeiros dez minutos de registro do ECG, após a sessão de sobrecarga (agudo), uma hora (subagudo) e 24 h após (tardio) e a medida da pressão arterial e frequência cardíaca foram realizadas no início e final de cada treinamento.

Análise estatística

O cáculo amostral foi (*El cáculo del muestreo fue*) realizado com nível α de 5%, com desvio padrão de 0.2 em relao   variável LF/HF e erro (*y el error*) máximo de estimativa de 0.09. Sendo assim, o tamanho da amostra se limitou em dezenove (*se limit  a 19*) indivíduos. Além disso, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilks para verificar

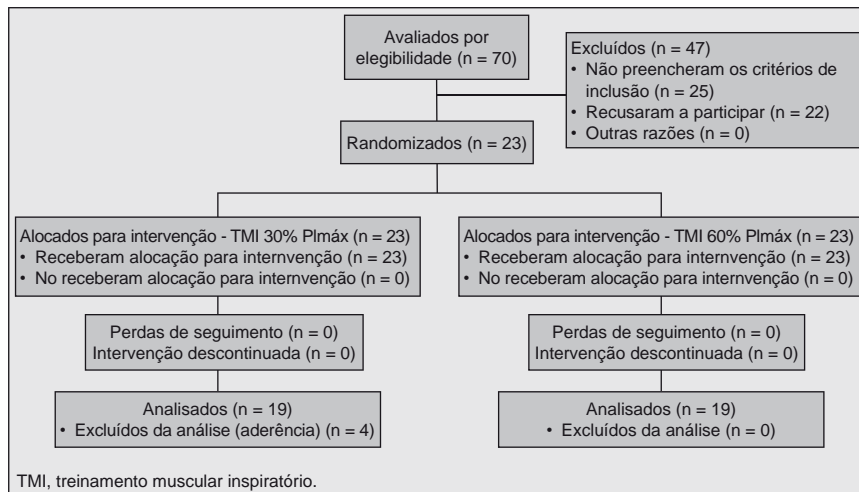


Figura 1. Fluxograma do processo de recrutamento e alocao dos participantes.

a normalidade dos dados e caso fosse (*de los datos y en caso de que fuese*) necessário estes foram normalizados através de transformao logarítmica. Valeu-se do teste (*Se utiliz  la prueba*) de Kolmogorov-Smirnov para comprovar a concordância entre as duas (*entre las dos*) distribuies referentes à fora muscular inspiratória, ou seja (*o sea*), entre os valores atingidos e (*los valores logrados y los*) previstos. Os dados com distribuio normal foram apresentados em média \pm desvio padrão, com ANOVA para medidas repetidas de uma ou duas (*de una o dos*) vias para determinar mudanas fisiológicas no tempo. Violaes de esfericidade foram analisadas através do teste de esfericidade de Mauchly e corrigidas, quando necessário, pelo teste de Greenhouse-Geisser. Uma vez apresentada diferena estatisticamente significativa, as comparaes múltiplas dos níveis foram feitas através do (*de los niveles fueron realizadas con el*) teste de Bonferroni. Para os dados sem distribuio normal se aplicou o teste de Friedman. A alternativa adotada para a realizao das comparaes múltiplas dos níveis foi o teste de *Wilcoxon Signed Rank*, aplicando uma correo de Bonferroni no nível de significância adotado. Utilizou-se o *software* SPSS, versão 19.0 e considerado significância $p < 0.05$.

Resultados

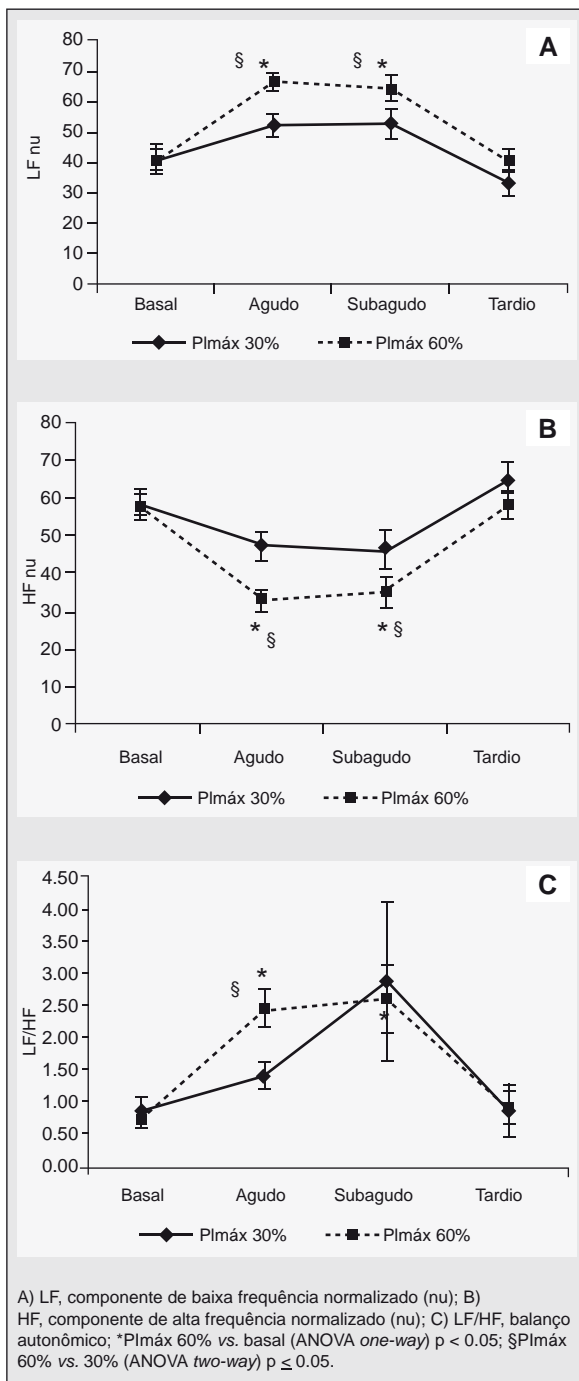
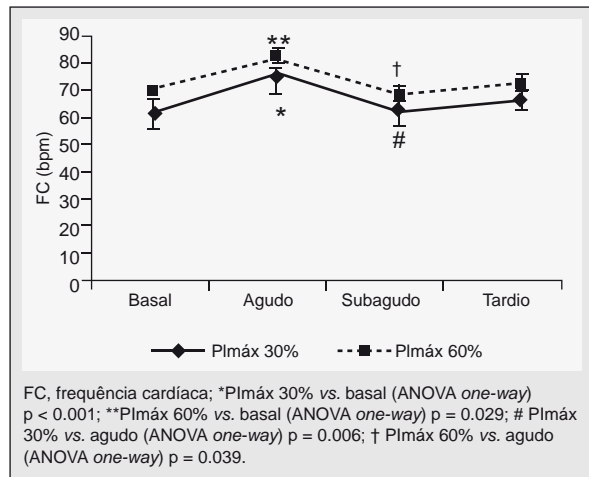
Foram entrevistados setenta indivíduos, dos quais vinte e três preencheram os (*de los cuales veintitr s reunieron los*) critérios de elegibilidade, dezenove completaram o estudo, conforme mostra o fluxograma (Figura 1). Os dados clínicos são apresentados na Tabela 1, e conforme descrito, os valores da fora máxima dos músculos inspiratórios estão dentro da (*están dentro de la*) normalidade.

As análises realizadas no domínio do tempo (*en el dominio del tiempo*) demonstraram que agudamente a sobrecarga a 60% da Plm x reduziu, de modo significativo, apenas a variabilidade dos intervalos RR (-7%). As demais variáveis estudadas (SDNN, RMSSD, NN50 e PNN50) não apresentaram alteraes (*no presentaron alteraciones*) significativas (Tabela 2). Por outro lado, com essa mesma carga de trabalho foi constatada, na (*fue constatada, en la*) fase aguda, alterao significativa na análise espectral da VFC com aumento de 63% do componente de baixa frequência (LFnu), reduo de 44% no componente de alta frequência (HFnu) e, conseqüentemente, aumento de 150% no balano aut nomo (*en el balance aut nomico*) (LF/HF), conforme a Figura 2 A-C.

Tabela 1. Características clínicas dos voluntários (n = 19).

Variáveis (n = 19)	Valores
Sexo (M/F)	9/10
Idade (anos)	25.1 ± 4.8
Estatura (cm)	169.5 ± 11.3
Peso (kg)	65.26 ± 12.9
IMC (kg/m ²)	22.6 ± 3.3
Plmáx atingido (cm H ₂ O)	-101.2 ± 24.4
Plmáx previsto (cm H ₂ O) *	-116.0 ± 19.2
Plmáx % previsto (cm H ₂ O)	87.5 ± 16.0
PAS (mm Hg)	108.8 ± 1.9
PAD (mm Hg)	69.8 ± 1.5
FC (bpm)	61.9 ± 5.5

Os dados representam a média e o desvio padrão. IMC, índice de massa corporal; PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; FC, frequência cardíaca; *p = 0.069 valores atingidos vs. valores previstos.

**Figura 2.** Modulação autônoma do sistema cardiovascular avaliada pela VFC no domínio da frequência durante o TMI à 30% e 60% da Plmáx.**Figura 3.** Resposta da frequência cardíaca à 30 e 60% da Plmáx.

Na fase subaguda, ou seja, uma hora após a (*En la fase subaguda, o sea, una hora después de la*) sessão de sobrecarga, com 60% da Plmáx não houve diferença nas variáveis no (*en las variables en el*) domínio do tempo, incluindo a variabilidade dos intervalos RR. Já, no domínio da (*En el dominio de la*) frequência houve manutenção do (*se mantuvo el*) comportamento observado na fase aguda com LFnu elevado (58%), HFnu reduzido (-41%) e LF/HF aumentado (200%). Vinte e quatro horas após a sessão (*veinticuatro horas después de la sesión*), não houve alteração significativa em relação aos valores basais (*con los valores basales*) (Figura 2 A-C).

Ao se comparar o efeito das (*Al compararse el efecto de las*) diferentes cargas de TMI sobre a VFC, observou-se que no TMI a 60% da Plmáx a variabilidade dos intervalos RR foi 5% maior no (*mayor en el*) período subagudo, quando comparado à (*en comparación con la*) sobrecarga de 30% (p = 0.04). O mesmo (*El mismo*) comportamento também pode ser verificado entre os intervalos RR que excederam 50 milissegundos quando se equiparou as cargas na fase aguda (11%; p < 0.001) e subaguda (25%; p = 0.006) (Tabela 2). No entanto (*Entonces*), comparado à sobrecarga de TMI 30% da Plmáx, a magnitude do efeito da (*del efecto de la*) sobrecarga de TMI 60% da Plmáx foi maior tanto para o LFnu quanto para o (*como para el*) HFnu, nas fases agudas e subagudas, como demonstrado na (*se demuestra en la*) Figura 2A e 2B. Porém, em relação ao balanço (*Sin embargo, en relación con el aumento del balance*) autônomo (LF/HF), houve diferença apenas na (*hubo diferencias sólo en la*) fase aguda quando confrontadas as sobrecargas como demonstra a Figura 2C.

Em relação à FC, agudamente se observou um aumento significativo tanto à sobrecarga de 30% da Plmáx (22%), quanto à de 60% da Plmáx (17%). Além disso, quando comparado com a (*Además, al compararla con la*) subaguda, verificou-se que houve uma queda da (*una caída de la*) FC a 30% da Plmáx (17%) e a 60% da Plmáx (16%), conforme Figura 3. Contudo, nos demais momentos avaliados da (*Asimismo, en los otros registros evaluados en la*) FC, bem como, a PA e a comparação entre as sobrecargas 30% e 60% da Plmáx, essas duas variáveis hemodinâmicas não apresentaram diferença significativa.

Discussão

Tem-se o conhecimento que este foi o primeiro ensaio clínico na (*Este fue el primer ensayo clínico descrito en la*) literatura em que se verificou o efeito agudo do TMI com diferentes sobrecargas de trabalho sobre a VFC em indi-

Tabela 2. Modulação autonômica do sistema cardiovascular avaliada pela VFC no domínio do tempo durante o TMI à 30% e 60% da Plmáx.

	30% Plmáx				60% Plmáx			
	Basal	Agudo	Subagudo	Tardio	Basal	Agudo	Subagudo	Tardio
RR (ms) **	872.87 ± 38.3	878.22 ± 37.17	878.19 ± 41.09	874.96 ± 31.10	890.20 ± 33.20	827.68 ± 28.40 ⁹	925.69 ± 37.73 ⁸	843.81 ± 35.63
SDNN (ms) **	53.36 ± 6.90	74.41 ± 13.02	55.85 ± 9.54	55.27 ± 6.34	55.23 ± 5.59	59.62 ± 7.36	54.17 ± 5.44	50.10 ± 7.17
RMSSD (ms)**	58.30 ± 9.06	82.12 ± 16.42	63.54 ± 13.81	60.78 ± 8.41	56.09 ± 8.14	51.97 ± 6.53	54.79 ± 8.86	51.71 ± 9.27
NN50 **	100 ± 2.94	82 ± 2.72	70 ± 3.05	77 ± 2.95	100 ± 3.25	91 ± 3.15 ⁸	88 ± 3.39 ⁸	73 ± 3.38
PNN50 (%)	25.98 ± 5.53	20.05 ± 4.13	19.51 ± 4.88	27.97 ± 5.12	27.33 ± 4.83	20.07 ± 3.46	25.06 ± 5.26	22.78 ± 5.39

Os dados representam a média e o desvio padrão da média; ** transformação logarítmica; RR (ms), média dos intervalos RR; SDNN (ms), desvio padrão dos intervalos RR; RMSSD (ms), raiz quadrada das diferenças médias dos quadrados entre sucessivos intervalos RR; NN50, número de sucessivos intervalos pares RR que diferem mais do que 50 ms; PNN50 (%), NN50 dividido pelo número total de intervalos RR. ⁹Friedman e Wilcoxon Signed Rank; ⁸ p < 0.05 vs. intervenção com teste ANOVA two-way; * p < 0.05 vs. basal intragrupo.

víduos saudáveis (*sanos*) sedentários. Adicionalmente, foi confirmada a hipótese de que o TMI altera a modulação do SNA cardiovascular de forma dependente da intensidade utilizada em indivíduos saudáveis.

Foi demonstrado que o TMI a 60% da Plmáx altera na fase aguda e subaguda o balanço autonômico tanto em relação ao (*en relación con el*) basal quanto em relação aos (*como en relación con los*) valores registrados na fase aguda da sobrecarga de 30% da Plmáx. Esse efeito ocorreu em função do aumento da modulação simpática concomitante à redução da (*a la reducción de la*) modulação parassimpática. Por outro lado, no domínio do tempo os resultados foram menos pronunciados em relação à análise espectral. Observou-se redução da VFC, demonstrado pelos (*por los*) intervalos RR, na fase aguda com a sobrecarga de 60% da Plmáx e, quando comparadas as diferentes sobrecargas, registrou-se que a magnitude do efeito foi maior a (*del efecto fue mayor del*) 60% da Plmáx para os intervalos RR e NN50.

Os achados desta (*Los resultados de esta*) pesquisa, no domínio do tempo para os intervalos RR, assemelham-se aos (*se asemejan a los*) resultados de Casties e col.,²⁴ quando ciclistas treinados (*donde ciclistas entrenados*) realizaram exercício a diferentes intensidades, 40%, 70% e 90% do (*del*) consumo máximo de oxigênio. Outro comportamento semelhante dos intervalos RR foi observado em indivíduos saudáveis em treino intervalado de hipóxia.²⁵ Ainda, um estudo comparou o efeito da (*el efecto de la*) atividade rítmica e da atividade normal espontânea sobre a VFC, mostrando diminuição na média dos (*en el promedio de los*) intervalos RR (ms) em ambos os grupos com relação ao repouso porém na variância dos (*en relación con el reposo; sin embargo, en la variación de los*) intervalos RR (ms²) houve um aumento, que foi maior para o grupo que exerceu atividade rítmica.²⁶ Os dados da literatura demonstram que as flutuações dos (*fluctuaciones de los*) intervalos RR vão depender do (*dependen del*) tipo de atividade realizada.

Em hipertensos⁷ e na insuficiência cardíaca⁹ um programa de TMI sete vezes (*siete veces*) por semana em oito e doze (*en ocho y doce*) semanas, respectivamente com 30% da Plmáx encontrou melhora na força (*mejoría en la fuerza*) muscular inspiratória, diminuição na modulação simpática, bem como, aumento na (*así como aumento en la*) modulação parassimpática. Esses resultados demonstram que a adaptação e a melhora dos (*la adaptación y la mejora de los*) sistemas ocorrem em função da intensidade e do tempo de (*suceden en función de la intensidad y del tiempo del*) tratamento, porém, ainda não existem (*todavía no existen*) estudos comparando a magnitude da resposta em função (*de la respuesta en función*) de diferentes sobrecargas impostas ao sistema ventilatório. Em diabéticos, após oito (*después de ocho*) semanas de

treinamento a 30% da Plmáx, apesar da melhora na Plmáx, os valores da VFC não apresentaram diferenças significativas.²⁷ Resultados semelhantes obtiveram Laoutaris e col.,¹⁴ contudo, na ocasião, a (*entonces, en esa ocasión, la*) população estudada foram pacientes cardiopatas com insuficiência cardíaca submetidos a treinamento com uma carga de 60% da Plmáx. Por outro lado, quando avaliado o (*al observarse el*) efeito autonômico em indivíduos saudáveis e ativos, observou-se que a carga de 60% da Plmáx trouxe mudanças na (*produjo cambios en la*) FC, PA, fluxo sanguíneo e RVP.^{8,15} Archiza e col.²⁸ avaliaram o controle autonômico de idosos saudáveis submetidos à (*ancianos sanos sometidos a*) diferentes sobrecargas de TMI (30%, 60% e 80% Plmáx) e encontraram respostas semelhantes aos nossos achados (*a nuestros resultados*). Com o incremento da carga houve redução na modulação parassimpática quando comparado 80% versus 30% da Plmáx. Os resultados da interação cardiorrespiratória encontrados nos estudos prévios, assim como os achados neste estudo como ora se comprova (*en este estudio como se comprueba*), provavelmente foram influenciados pelos princípios fisiológicos do treinamento (sobrecarga, especificidade e reversibilidade).

Neste contexto, sabe-se que, em (*En este contexto, en los*) sedentários e atletas, o exercício de alta intensidade interfere no balanço autonômico,²⁹ bem como, altos níveis de força muscular inspiratória provocam aumento da atividade nervosa simpática muscular tempo-dependente.^{17,18,30} Isso implica dizer (*Esto quiere decir*), que quanto maior a sobrecarga imposta na musculatura inspiratória maior o efeito no SNA, a curtos (*en cortos*) períodos de tempo (oito a dez minutos).^{17,18,30} A explicação para esses resultados estaria na situação de fadiga dos (*de fatiga de los*) músculos inspiratórios que é refletida pelo (*se refleja en el*) aumento da atividade nervosa simpática muscular e RVP.^{12,18,30}

Em estudos clínicos têm sido verificado que a fadiga dos músculos inspiratórios resulta no aumento do fluxo (*umenta el flujo*) vasoconstritor simpático.^{18,30} Muitos autores justificam esses achados pelo mecanismo do metaborreverso muscular.^{12,18,30} Não se buscou avaliar o (*No se buscó evaluar el*) metaborreverso, entretanto, essas informações permitem hipotetizar que os efeitos observados no presente estudo poderiam ter ocorrido (*haber sucedido*) mediado também por esses mecanismo.¹²

Dessa forma, pode-se inferir que o (*se puede inferir que el*) aumento do DC ocorreu à custa da (*sucedio a costa de la*) elevação da FC e não da (*y no de la*) PA, uma vez que o TMI não alterou os níveis de pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica. Entretanto, a FC aumentou logo após a (*después de la*) sobrecarga de 30% e 60% da Plmáx, bem como, houve uma diminuição nos seus (*en sus*) valores após uma hora. Este comportamento pode

ser o resultado de mudanças complexas do organismo à sobrecarga dos músculos inspiratórios em trabalho durante o TMI. Adaptações do organismo podem ter ocorrido por mudanças no (*puieron suceder por cambios en el*) volume de ar corrente, no (*aire, en el*) volume de reserva inspiratório e expiratório,^{2,12,15,18,26} no retorno venoso^{10,31} pela diferença de pressão intratorácica, na ativação dos (*en la activación de los*) barorreceptores dos músculos diafragma e intercostais e por ativação dos quimiorreceptores.¹⁰

Por isso, parte do (*Por esto, parte del*) mecanismo envolvido nestes resultados obtidos através deste (*obtenidos a través de este*) estudo pode estar relacionado aos mecanorreceptores e o metaborreflexo, que são ativados por deformação mecânica, por distensão venosa e acúmulo (*y acumulación*) de metabólitos, influenciando no aumento do fluxo sanguíneo para a circulação sistêmica e, conseqüentemente, no aumento da FC.¹² Além disso, no sistema nervoso central, conexões sinápticas para neurônios espinhais nas (*espinales en las*) áreas medulares vasomotoras interferem no aumento do fluxo simpático, diminuindo o tônus (*el tono*) vagal¹ e adaptam o coração

e o metabolismo ao esforço e (*al esfuerzo y*) trabalho que está sendo realizado pelo organismo.^{10,30}

Assim, associado a esses mecanismos, o TMI de alta intensidade pode trazer muitos (*puede generar muchos*) benefícios, como: melhora na força muscular ventilatória, endurance (*resistencia*),⁴ mudanças autonômicas centrais e periféricas.^{15,17,18}

Apesar disso, o conhecimento estabelecido nesse trabalho pode contribuir no entendimento de um dos mecanismos de ação do (*uno de los mecanismos de acción del*) treinamento muscular inspiratório, bem como, auxiliar na (*así como, ayudar en la*) otimização de tratamentos que visem o desfecho relacionado ao (*dirigidos al resultado final relacionado con el*) SNA.

Agudamente, o efeito do TMI à 60% da P_{lmáx} foi maior deslocando a (*fue mayor desplazando la*) modulação autonômica do sistema cardiovascular em indivíduos saudáveis para um predomínio simpático. Portanto, conclui-se que o TMI agudo com diferentes sobrecargas de trabalho altera a modulação do SNA cardiovascular de indivíduos saudáveis de forma dependente da intensidade utilizada.

Copyright © Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC), 2014
www.siicsalud.com

Los autores no manifiestan conflictos de interés.

Lista de abreviaturas y siglas

TMI, entrenamiento muscular inspiratorio; FC, frecuencia cardíaca; SNA, sistema nervioso autónomo; DC, gasto cardíaco; RVP, resistencia vascular periférica; PA, presión arterial; VFC, variabilidad de la frecuencia cardíaca; P_{lmáx}, presión inspiratoria máxima; IMC, índice de masa corporal; UFCSPA, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre; TCLE, Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; SDNN, desviación estándar de intervalos RR; RMSDD, raíz cuadrada de las diferencias medias de los cuadrados entre intervalos RR sucesivos; HF alta frecuencia; LF, baja frecuencia.

Cómo citar este artículo

Della M^éa Plentz R, Giendruczak da Silva V, Dipp T, Edler Macagnan F, Cioato Lemos L, Lukrafka Tartari JL, Sbruzzi G. Treinamento (*Entrenamiento*) muscular inspiratório para o controle (*el control*) autonômico de indivíduos saudáveis (*sanos*). Salud i Ciencia 21(1): 28-34, Nov 2014.

How to cite this article

Della M^éa Plentz R, Giendruczak da Silva V, Dipp T, Edler Macagnan F, Cioato Lemos L, Lukrafka Tartari JL, Sbruzzi G. Inspiratory muscle training in autonomic control in healthy individuals. Salud i Ciencia 21(1):28-34, Nov 2014.

Autoevaluación del artículo

El entrenamiento muscular inspiratorio se aplican en distintos grupos de pacientes, con resultados apropiados en términos funcionales.

¿Cuál de estos componentes del entrenamiento muscular inspiratorio forma parte de los efectos favorables de esta técnica?

A, La resistencia; B, El número de repeticiones; C, La frecuencia respiratoria; D, La duración del entrenamiento; E, Todas son correctas.

Verifique su respuesta en www.siicsalud.com/dato/evaluaciones.php/140299

Bibliografía

- Downey AE, Chenoweth LM, Townsend DK, Ranum JD, Ferguson CS, Harms CA. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol* 156(2):137-462, 2007.
- Enright SJ, Unnithan VB. Effect of inspiratory muscle training intensities on pulmonary function and work capacity in people who are healthy: A randomized controlled trial. *Phys Ther* (91):894-05, 2011.
- Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 42(8):707-24, 2012.
- Marco E, Ramírez-Sarmiento AL, Coloma A, Sartor M, Comin-Colel J, Vila J, et al. High-intensity vs. sham inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure: a prospective randomized trial. *Eur J Heart Fail* 15(3):2-10, 2013.

- Plentz RDM, Sbruzzi G, Ribeiro RA, Ferreira JB, Dall'Ago P. Treinamento muscular inspiratório em pacientes com insuficiência cardíaca: metanálise de estudos randomizados. *Arq Bras Cardiol* 99(2):762-71, 2012.
- Cahalin LP, Arena R, Guazzi M, Myers J, Cipriano G, Chiappa G, et al. Inspiratory muscle training in heart disease and heart failure: a review of the literature with a focus on method of training and outcomes. *Rev Cardiovasc Ther* 11(2):161-76, 2013.
- Ferreira JB, Plentz RDM, Stein C, Casali KR, Dall'Ago. Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: A randomized controlled trial. *Int J Cardiol* 166(1):1-7, 2011.
- Callegaro CC, Ribeiro JP, Tan CO, Taylor JA. Attenuated inspiratory muscle metaboreflex in endurance-trained individuals. *Respir Physiol Neurobiol* 177(1):24-9, 2011.
- Mello PR, Guerra GM, Borile S, Rondon MU, Al-

- Mesquita MJ, Negrão CE, et al. Inspiratory muscle training reduces sympathetic nervous activity and improves inspiratory muscle weakness and quality of life in patients with chronic heart failure: a clinical trial. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 32(5):255-61, 2012.
- Bernardi L, Porta C, Gabutti A, Spicuzza L, Sleight P. Modulatory effects of respiration. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* (90):47-56, 2001.
- Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 24(2):205-17, 2009.
- Dempsey JA, Sheel AW, Croix CMS, Morgan BJ. Respiratory influences on sympathetic vasomotor outflow in humans. *Respir Physiol and Neurobiol* (130):3-20, 2002.
- Dall'Ago P, Chiappa GRS, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness. *JACC*

- 47(4):757-63, 2006.
14. Laoutaris ID, Dritsas A, Brown MD, Manginas A, Kallistratos MS, Chaidaroglou A, et al. Effects of inspiratory muscle training on autonomic activity, endothelial vasodilator function, and N-terminal pro-brain natriuretic peptide levels in chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 28(2):99-6, 2008.
 15. McConnell AK, Griffiths LA. Acute cardiorespiratory responses to inspiratory pressure threshold loading. *Med Sci Sports Exerc* 42(9):1696-03, 2010.
 16. Janssens L, Brumagne S, McConnell AK, Raymaekers J, Goossens N, Gayan-Ramirez G, Hermans G, Troosters T. The assessment of inspiratory muscle fatigue in healthy individuals: a systematic review. *Respir Med* 107(3):331-46, 2013.
 17. St Croix CM, Morgan BJ, Wetter TJ, Dempsey JA. Fatiguing inspiratory muscle work causes re-sympathetic activation in humans. *J Physiol* (529):493-04, 2000.
 18. Sheel AW, Derchak PA, Morgan BJ, Pegelow DF, Jacques AJ, Dempsey JA. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *J Physiol* 537(1):277-89, 2001.
 19. Chiappa GR, et al. Inspiratory muscle training improves blood flow to resting and exercising limbs in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 51(17):1663-71, 2008.
 20. Serón P, Riedemann P, Muñoz S, Doussoulin A, Villaruel P, Cea X. Effect of training on muscle strength and quality of life in patients with chronic airflow limitation: a randomized controlled trial. *Arch Bronconeumol* 41(11):601-06, 2005.
 21. Beckerman M, Magadle R, Weiner M, Weiner P. The effects of 1 year of specific inspiratory muscle training in patients with COPD. *Chest* 128(5):3177-82, 2005.
 22. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 99(5):696-702, 1969.
 23. Neder JA, et al. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 32(6):719-27, 1999.
 24. Casties JF, Mottet D, Le Gallais D. Non-linear analyses of heart rate variability during heavy exercise and recovery in cyclists. *Int J Sports Med* 27(10):780-5, 2006.
 25. Bernardi L, Passino C, Serebrovskaya Z, Serebrovskaya T, Appenzeller O. Respiratory and cardiovascular adaptations to progressive hypoxia: Effect of interval hypoxic training. *Eur Heart J* 22(10):879-86, 2001.
 26. Bernardi L, Valle F, Cocco M, Calciati A, Sleight P. Physical activity influences heart rate variability and very-low-frequency components in Holter electrocardiograms. *Cardiovasc Res* 32(2):234-7, 1996.
 27. Corrêa AP, Ribeiro JP, Balzan FM, Mundstock L, Ferlin EL, Moraes RS. Inspiratory muscle training in type 2 diabetes with inspiratory muscle weakness. *Med Sci Sports Exerc* 43(7):1135-41, 2011.
 28. Archiza B, Simões RP, Mendes RG, Fregonezi GA, Catai AM, Borghi-Silva A. Acute effects of different inspiratory resistive loading on heart rate variability in healthy elderly patients. *Braz J Phys Ther* 17(4):401-8, 2013.
 29. Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 90(3-4):317-25, 2003.
 30. Romer LM, Polkey MI. Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *J Appl Physiol* (104):879-88, 2008.
 31. Schaffer T, Hensel B, Weigand C, Schüttler J, Jeleazcov C. Evaluation of techniques for estimating the power spectral density of RR-intervals under paced respiration conditions. *J Clin Monit Comput* 27(1):1-6, 2013.

Curriculum Vitae abreviado del autor



Rodrigo Della Mía Plentz. Fisioterapeuta, especialización en Fisiología do Exercício e Biomecânica e Fisioterapia Músculo Esquelética; Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, Brasil; Mestre em Ciências Fisiológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil. Doutor em Ciências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil. Pós-Doutor, Fundação Universitária de Cardiologia, Viamão, Brasil. Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, Brasil. Pesquisador e Bolsista Produtividade, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Posee más de 45 artículos internacionales publicados en el área da Fisioterapia e Cardiologia, formó 15 maestros y 2 doctores en Programas de posgraduación y es profesor universitario hace más de 20 años.