



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS-UFSCar
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE- CCBS
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA- DFISIO

Trabalho de Graduação III do Curso de Fisioterapia

Henrique Chiodi Pereira

Efeitos agudos da técnica de empilhamento de ar na função pulmonar de indivíduos saudáveis.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Sanches Garcia de Araújo- Docente do Departamento de Fisioterapia da UFSCar

Co orientadora: Me. Ester Laura Cordeiro Oliveira Costa- Discente da pós-graduação do Departamento de Fisioterapia da UFSCar

Área do conhecimento: 4.00.00.00-1 Ciências da Saúde

4.08.00.00-8 Fisioterapia e Terapia Ocupacional

São Carlos – 2025

HENRIQUE CHIODI PEREIRA

Efeitos agudos da técnica de empilhamento de ar na função pulmonar de indivíduos saudáveis.

Trabalho de Graduação III do curso de Bacharel em Fisioterapia na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Sanches Garcia de Araújo- Docente do Departamento de Fisioterapia da UFSCar

Co Orientadora: Me. Ester Laura Cordeiro Oliveira Costa- Discente da pós-graduação do Departamento de Fisioterapia da UFSCar

São Carlos – 2025

Sumário

1. Introdução	5
2. Objetivos	7
3. Hipóteses	7
4. Materiais e Métodos	7
4.1. Tipo de estudo	7
4.2. Aspectos éticos	8
4.3. Participantes	8
4.4. Cálculo amostral	8
4.5. Randomização, Recrutamento e Alocação	9
4.6. Intervenção	9
4.7. Avaliações	9
4.8. Protocolo	11
4.9. Análise de Dados	12
5. Resultados	13
6. Discussão	21
7. Limitações e desdobramentos futuros	24
8. Conclusão	25
9. Referências	25
10. Apêndices	27

Resumo

Introdução: O empilhamento de ar (EA) é um recurso de expansão pulmonar que utiliza pressão positiva no sistema respiratório, promovendo o incremento de volume pulmonar, no entanto, avaliação da função pulmonar completa para avaliar os efeitos desta técnica permite evidenciar alterações de variáveis importantes como a difusão de gases. **Objetivos:** Avaliar os efeitos agudos da técnica de EA na função pulmonar de indivíduos aparentemente saudáveis, avaliar a associação dos efeitos da técnica de empilhamento de ar na função pulmonar à variabilidade da frequência cardíaca. **Métodos:** Trata-se de um ensaio clínico randomizado e controlado com indivíduos aparentemente saudáveis acima de 18 anos, de ambos os sexos. Os participantes foram submetidos a um dia de avaliação e posteriormente divididos aleatoriamente em dois possíveis grupos, EA3x5 ou grupo controle. Ambos realizaram a avaliação da função pulmonar, por meio da pletismografia de corpo inteiro, e da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) por meio de um cardiofrequencímetro, pré, imediatamente após e 20 minutos após a intervenção. A intervenção consistiu na aplicação do empilhamento de ar, usando um dispositivo ambu acoplado a uma máscara e válvula de pressão positiva expiratória, em 3 séries de 5 repetições; a diferença entre os grupos esteve na sustentação do ar em cada série, já que o grupo controle não foi orientado para sustentar (segurar) o ar fornecido em cada ciclo. **Resultados:** Participaram do estudo 28 indivíduos aparentemente saudáveis, sendo 15 do grupo EA e 13 do controle, com idade média de 21 anos em ambos os grupos, sem diferença para peso e altura entre os grupos. Com relação às variáveis de função pulmonar, não houve diferença significativa após a intervenção em ambos os grupos. Foram observadas associações entre os intervalos RR (Mean RR), que apresentaram correlação positiva com a CVF e o VEF₁. O índice RMSSD também mostrou correlação positiva com o VEF₁, a CPT e a relação RV/CPT, enquanto o SD1 apresentou correlação positiva com a CVF, o VEF₁, a CPT e a RV/CPT. **Conclusão:** Os achados deste estudo indicam que o empilhamento de ar (EA) em indivíduos aparentemente saudáveis não promoveu incrementos agudos na maioria das variáveis de função pulmonar, somente na capacidade residual funcional após 20 minutos da aplicação da técnica, além disso, houve associação da CVF e VEF₁ está associado a maior complexidade dos dados, e com parassimpáticos de VFC.

Palavras-chaves: Função pulmonar, expansão pulmonar, empilhamento de ar, variabilidade da frequência cardíaca

Abstract

Introduction: Air stacking (AS) is a lung expansion technique that uses positive pressure in the respiratory system, promoting an increase in lung volume. However, a complete pulmonary function assessment to evaluate the effects of this technique allows the identification of changes in important variables such as gas diffusion. **Objectives:** To assess the acute effects of the AS technique on pulmonary function in apparently healthy individuals, and to evaluate the association between the effects of air stacking on pulmonary function and heart rate variability. **Methods:** This was a randomized controlled clinical trial with apparently healthy individuals over 18 years of age, of both sexes. Participants underwent a one-day assessment and were then allocated into two possible groups: AS3x5 or control group. Both groups underwent pulmonary function testing through whole-body plethysmography, and heart rate variability (HRV) assessment using a heart rate monitor. On the same day, the intervention was carried out, consisting of the application of air stacking using an Ambu device attached to a mask and a positive expiratory pressure valve, in 3 sets of 5 repetitions. The difference between the groups was in the breath-holding phase of each set, as the control group was not instructed to sustain (hold) the air provided in each cycle. **Results and Discussion:** A total of 28 apparently healthy individuals participated in the study, with 15 in the Air Stacking (AS) group and 13 in the control group. The mean age was 21 years in both groups, with no significant differences in weight or height between them. Regarding pulmonary function variables, no significant differences were observed after the intervention in either group. Associations were found between RR intervals (Mean RR), which showed a positive correlation with FVC and FEV1. The RMSSD index also showed a positive correlation with FEV1, TLC, and the RV/TLC ratio, while SD1 was positively correlated with FVC, FEV1, TLC, and RV/TLC. **Conclusion:** The findings of this study indicate that air stacking (AS) in apparently healthy individuals did not produce acute increases in most pulmonary function variables, except for functional residual capacity after 20 minutes of technique application. Additionally, FVC and FEV1 were associated with greater data complexity and parasympathetic activity in HRV.

Keywords: Lung function, lung expansion, air stacking, heart rate variability

1. Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o conceito de saúde pode ser resumido em um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de condições ou doenças¹.

São perceptíveis as características no estilo de vida de um indivíduo que é classificado como saudável fisicamente como, por exemplo, uma alimentação balanceada, equilíbrio emocional, a manutenção adequada do sono e a prática regular de atividades físicas que, em seu conceito, significa a capacidade das pessoas realizarem suas atividades diárias, bem como ocupar ativamente as horas de lazer e enfrentar emergências imprevistas sem fadiga excessiva².

Deste modo, do ponto de vista fisiológico, a função ventilatória é resultante da combinação de diversas ações, as quais possibilitam a troca de ar entre o ambiente e os pulmões. Para tanto, é necessário a existência de uma integridade estrutural da caixa torácica, musculatura respiratória, do parênquima pulmonar, e do sistema de controle da respiração, formada por componentes neurais, químicos e musculares³.

Dentre as musculaturas respiratórias destacamos, o diafragma, os intercostais e os abdominais, que auxiliam na movimentação da caixa torácica permitindo que, por meio das forças aplicadas, seja vencida a retração elástica e a resistência ao fluxo de entrada nas vias aéreas. Durante a inspiração, os intercostais externos, esternocleidomastoideo e escalenos auxiliam o diafragma que se contrai, gerando maior negativação de pressão pleural, uma diferença de pressão com o ambiente permitindo a entrada de ar para os pulmões⁴.

Dentro da fisioterapia respiratória, nos recursos de expansão e aumento de volume pulmonar, dois mecanismos são utilizados pensando no aumento da pressão transpulmonar: redução da pressão pleural e aumento da pressão alveolar⁵. Dentre os recursos que utilizam o aumento de pressão alveolar temos o uso da pressão positiva por meio de diversos dispositivos de liberação de pressão ou por meio de um dispositivo bolsa-válvula-máscara, na busca de realizar o acúmulo/empilhamento de ar (EA), também denominada de “*breath stacking*” ou “*air stacking*”⁶.

O EA consiste na realização de sucessivas insuflações, por meio uma máscara oronasal ou bucal, conectado a uma bolsa-válvula-máscara. Nela, o paciente deve ser capaz de segurar (empilhar o ar) até se atingir a capacidade de insuflação máxima. Em situação de incapacidade de empilhar voluntariamente o ar, dispositivos podem oferecer resistência expiratória, como é o caso da válvula vup®⁷.

Os exercícios de empilhamento de ar são indicados principalmente para pacientes com fraqueza dos músculos respiratórios, doenças neuromusculares e demais condições que exijam manutenção ou melhora do volume pulmonar inspirado, como é o caso de patologias neuromusculares e respiratórias, as quais frequentemente apresentam um distúrbio ventilatório restritivo, ou seja, sua capacidade vital forçada (CVF) encontra-se menor que 80% do valor predito do indivíduo⁸.

Adicionalmente, a técnica de EA pode gerar uma melhora no pico de fluxo de tosse (PFT), no aumento da CVF, no pico de fluxo expiratório (PFE) e na capacidade de insuflação máxima (CIM), como mostrou o estudo de Marques et al, 2014, com uma amostra de indivíduos com distrofia muscular congênita e atrofia muscular espinhal⁹.

Em seu ensaio clínico, Jeong e Yoo (2014), com uma amostra de indivíduos com lesões medulares, realizaram um protocolo com o EA e concluíram que a CVF e o PFT aumentaram significativamente no grupo experimental em comparação com os controles, melhorando a função pulmonar e o PFT em todos os pacientes¹⁰.

Para a avaliação destes benefícios e os impactos no sistema respiratório, pode ser realizada uma prova de função pulmonar, comumente utilizada pelos estudos para se avaliar o comportamento da função pulmonar, como a capacidade vital (CV), a capacidade vital forçada (CVF) e lenta (CVL), o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), Pico de Fluxo respiratório (PEF)¹¹. No entanto, a espirometria não é capaz de quantificar a capacidade residual funcional (CRF), a capacidade de difusão dos gases e a resistência de vias aéreas, por exemplo¹².

Por outro lado, a prova de função pulmonar completa, por meio da pletismografia de corpo inteiro, é capaz de avaliar variáveis completas da função pulmonar, como a CVF, o Volume Expiratório Forçado (VEF), o Fluxo Expiratório Forçado (FEF), a CV, o Tempo de Expiração Forçada (TFEF), o Volume Residual (VR), a Capacidade Pulmonar Total (CPT), a Resistência das Vias Aéreas (Rva), a Condutância das Vias Aéreas (Gva), o Volume de gás intratorácico (ITGV), o PFE e a Capacidade de Insuflação Máxima (CIM).

Além destas, outras variáveis podem ser obtidas com o pletismógrafo, como Força Muscular Respiratória, demonstrada através da pressão muscular inspiratória (P_{Imáx}) e a pressão muscular expiratória (PE_{máx}), e a de Difusão de Gases, que consiste na obtenção das seguintes variáveis: Capacidade de difusão alveolar de monóxido de oxigênio (DLCOSB), o Coeficiente de difusão (KCO), o Volume Alveolar (VA), a Capacidade Residual Funcional (CRF), o Volume Inspiratório (VIN) e a Capacidade Pulmonar Total de Difusão (TLC-SB)¹³.

Diante do exposto, a avaliação da função pulmonar completa pelo pletismógrafo, poderá esclarecer os efeitos da EA de um forma mais ampla e detalhada, norteando, futuramente, o uso do EA para a população com alguma patologia, após a verificação na população saudável. Atualmente, na literatura não são encontrados estudos que avaliem exclusivamente o efeito do EA em indivíduos saudáveis, principalmente utilizando testes que avaliam a função pulmonar por meio do pletismógrafo. Portanto, buscamos conhecer os efeitos imediatos da técnica de empilhamento de ar de forma isolada, para se obter uma maior compreensão dos efeitos pulmonares da técnica.

2. Objetivos

Geral

Avaliar os efeitos agudos da técnica de empilhamento de ar na função pulmonar de indivíduos aparentemente saudáveis.

Específicos

Associar os efeitos da técnica de empilhamento de ar na função pulmonar à variabilidade da frequência cardíaca.

3. Hipóteses

H0: não há diferença significativa na realização do empilhamento de ar na função pulmonar e na função autonômica, de indivíduos aparentemente saudáveis. Assim como não há impacto na função pulmonar realizar ou não o empilhamento de ar sustentando entre as incursões respiratórias.

H1: Há diferença significativa na realização do empilhamento de ar na função pulmonar e na função autonômica, de indivíduos aparentemente saudáveis, assim como realizar a sustentação do ar, empilhando um volume sobre o outro, promove maiores benefícios na função pulmonar.

4. Materiais e Métodos

4.1. Tipo de estudo

Trata-se de um ensaio clínico controlado aleatorizado o qual seguiu o checklist Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT, 2022).

4.2. Aspectos éticos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (CEP UFSCar) (Parecer nº: 7.039.174 e CAAE: 82024324.3.0000.5504) e obedeceu a todos os preceitos éticos estabelecidos na resolução nº 466 de 2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). O estudo só deu início após a aprovação no comitê de ética. O recrutamento foi por meio de ampla divulgação por redes sociais e em bola de neve por WhatsApp. Em seguida, os participantes que apresentaram interesse em participar da pesquisa e entraram em contato, receberam as informações da pesquisa por meio do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE). O pesquisador explicou para o participante detalhes e todas as fases da pesquisa, assim como outras questões éticas, como benefícios e riscos ao participar. O indivíduo que concordou em participar, assinou o TCLE, que possuía duas vias, sendo uma entregue ao participante e a outra ficou em posse do pesquisador. A pesquisa aconteceu presencialmente no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular e Pulmonar (LACAP), do Departamento de Fisioterapia da UFSCar.

4.3. Participantes

Participantes com idade de 18 aos 32 anos, de ambos os sexos, aparentemente saudáveis. Aqueles que apresentavam idade inferior a 18 anos ou alguma patologia, principalmente respiratória ou cardíaca, não foram incluídos.

Quanto aos critérios de exclusão, presença de qualquer patologia descoberta após a inclusão no estudo, intolerância na realização da técnica de EA, a presença de algum distúrbio ventilatório (restritivo ou obstrutivo) durante os exames de avaliação e a desistência de participar.

4.4. Cálculo amostral

O número de participantes foi definido após realização do cálculo amostral feito por meio do programa G*Power 3.1.9.7. Foi realizado o Test T (Means) para dois grupos com amostras independentes com o tamanho de efeito de 0,8, alfa de 5%, poder do estudo de 80% ($\beta = 0,20$), seguindo o tamanho de efeito do estudo de Sarmiento A, et al. 2017. Assim, foram necessários 28 participantes, sendo dividido com distribuição 1:1. Entretanto, o cálculo foi refeito com os dados obtidos dos primeiros 5 voluntários avaliados.

4.5. Randomização, Recrutamento e Alocação

Os participantes compareceram ao Laboratório de Pesquisa de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP) para a realização da pesquisa, que foi realizada em um único dia a avaliação e a aplicação da intervenção.

Ao assinar o TCLE, foram abertos os envelopes preenchidos, de forma prévia, com o grupo a qual o participante foi selecionado para participar, através da randomização dos grupos realizada utilizando o site Randomization Plans Original, 2013, por meio do acesso realizado no link www.randomization.com. Sendo assim, os participantes foram divididos em dois grupos, o grupo intervenção EA3x5 e o grupo controle, com distribuição de 1:1. Somado a isso, nenhum dos participantes e dos pesquisadores envolvidos foram cegados, sendo sempre exposto o grupo o qual foi selecionado e explicado como iria ocorrer o processo da técnica realizada.

4.6. Intervenção

Ambos os grupos realizaram as avaliações e em seguida o protocolo foi determinado a partir do grupo randomizado. Posteriormente foram realizados mais um momento de avaliação da função pulmonar. O primeiro momento imediatamente após concluir a técnica de EA e outro após 20 minutos de repouso, onde o participante ficou sentado em uma cadeira confortável e em ambiente climatizado.

4.7. Avaliações

Função Pulmonar

Para a realização da avaliação da função pulmonar, de modo mais amplo, foi utilizado o pletismógrafo (MasterScreen Jaeger) (Figura 1), interligado ao software SentrySuite. Desse modo, foi realizado o teste de força muscular respiratória, a espirometria, pletismografia de corpo inteiro e a difusão dos gases. Este equipamento foi composto por um sistema computadorizado acoplado a uma cabine hermeticamente fechada e com sensores que captaram variações de pressão internas com grande sensibilidade, as quais variam com mudanças no volume do tórax. Estas variações de pressão refletem, portanto, variações de volume pulmonar. Na cabine havia também um pneumotacógrafo com uma válvula solenoide que permitiu o registro contínuo e instantâneo do fluxo aéreo¹².



Figura 1 - Pletismógrafo (MasterScreen Jaeger). Imagem feita pelo pesquisador

Para a Pletismografia de Corpo Inteiro, foi utilizado o protocolo de Bessa & Lopes, 2018, como referência. Tal protocolo orientou que, para a análise das variáveis obtidas por meio desta técnica, era necessário a calibração do equipamento de forma prévia e o fechamento da cabine do equipamento com o paciente localizado, de modo confortável, dentro dela e que alcance o bocal do equipamento sem que houvesse flexão ou extensão do pescoço, assim, fez-se necessário que o pesquisador ajustasse a altura do equipamento¹⁴.

Em seguida, o pesquisador falou por meio do microfone que tem saída de som para dentro da cabine e explicou a manobra realizada a partir dos seguintes comandos, “Respira normalmente no bocal, a válvula irá fechar e será ouvido um clique, não se preocupe, mantenha a respiração normalmente”. No fim, pediu que soltasse todo o ar, e em seguida puxasse e tudo e soltasse novamente aos poucos. O participante realizou toda a manobra utilizando um clipe nasal.

Quanto à Difusão dos Gases (DLCO), a cabine ficou aberta seguindo o protocolo utilizado por Guimarães et al, 2019. Para a realização da manobra, o participante foi orientado a respirar normalmente no primeiro momento e em sequência puxar rapidamente o ar e segurar durante 10 segundos, posteriormente soltar devagar. Tal manobra também foi realizada com o clipe nasal e solicitado que fossem realizadas três medidas com um intervalo de 3 minutos entre elas¹⁵.

Quanto a Espirometria, foi realizada seguindo as orientações de protocolo de Pereira, Sato & Rodrigues, 2007. Com a cabine aberta, o participante respirou normalmente no bocal

até o momento em que foi solicitado que o mesmo soltasse todo o ar, puxasse com força e em seguida soltasse o ar com força durante 6 segundos. Ao fim da manobra, foi indicado que o participante puxasse mais uma vez o ar normalmente. Para tal técnica, foi necessário o uso do clipe nasal e que fossem realizadas três medidas, as quais devem ter uma diferença <150 ml entre CVF e VEF₁, assim sendo considerada uma manobra de qualidade¹⁶.

Por fim, quanto a Força dos Músculos Respiratórios, foi informado que foram realizadas duas manobras diferentes, para ambas foi necessário o uso do clipe nasal. A primeira consistia na obtenção da PImáx, para a realização desta o participante precisou inicialmente respirar normalmente no bucal, em seguida soltou todo o ar tranquilamente e posteriormente puxou com toda força e sustentação. Para a manobra seguinte, necessária para obter a PEmáx, também foi solicitado no primeiro momento que o participante respirasse normalmente no bucal e em seguida puxasse todo o ar lentamente e em sequência soltasse todo o ar com força.

Todos os dados coletados na pletismografia de corpo inteiro, na difusão dos gases, na espirometria e na avaliação das forças dos músculos respiratórios foram anotados na ficha de avaliação (APÊNDICE I) e em seguida armazenados em uma planilha do Excel e guardada na nuvem do Google Drive®.

Variabilidade da Frequência Cardíaca

A FC e os intervalos entre as ondas R (iR-R) foram registrados continuamente durante o repouso pré intervenção (sentado por 10 minutos), e após intervenção (20 minutos sentado, devido ao esforço realizado após os testes), utilizando um sistema de telemetria (cardiofrequencímetro) com uma cinta acoplada no tórax do participante e registro da FC em um aplicativo.

Foi realizado o processamento dos sinais de FC e análise da VFC utilizando o software Kubios HRV Scientific, os registros da FC e iR-R, posteriormente transferidos para um computador utilizando um software Polar ProTrainer 5TM®. Foi realizada análise linear e não linear da VFC^{17,18,19}.

4.8. Protocolo

O grupo intervenção EA3x5, seguiu o protocolo de três séries de cinco incursões respiratórias, utilizando a bolsa-válvula-máscara conectada a uma máscara orofacial e a válvula de PEEP (Figura 2), utilizando maiores valores de PEEP nos participantes que realizaram EA, para que não facilitasse a expiração, a qual não era permitida entre as incursões respiratórias

neste grupo. A máscara orofacial foi sustentada pelo pesquisador no rosto do participante, para tanto, o pesquisador se localizou atrás da cadeira que o participante se sentou para realizar a técnica e apoiou a cabeça do participante. O pesquisador insuflou a bolsa na fase inspiratória, as quais foram sustentadas pelo participante, realizando o fechamento glótico após cada incursão, assim, em nenhum momento ele permitiu a saída de ar, empilhando os volumes de ar fornecidos. Em seguida, apenas após as cinco incursões de cada série, o participante realizou uma respiração corrente lenta até a expiração total do ar empilhado.

Da mesma forma, o grupo controle também utilizou a bolsa-valva-máscara conectado a máscara orofacial e a válvula de PEEP, com baixos valores de PEEP (Figura 2). O pesquisador, juntamente com o participante, seguiu as mesmas instruções do grupo anterior. Entretanto, o diferencial dos grupos se encontra no protocolo aplicado para a intervenção, este grupo realizou as três séries de cinco incursões respiratórias, entretanto, não realizou o empilhamento do ar, sendo permitido a expiração do ar durante a técnica e ao final dos ciclos das cinco incursões respiratórias.



Figura 2 - Bolsa-valva-máscara com máscara orofacial e válvula PEEP. Imagem feita pelo pesquisador

4.9. Análise de Dados

Para a análise dos dados foi utilizado o programa SPSS Statistics 22, sendo o poder estatístico de 0,8 com um tamanho de efeito de 0,8, levando em consideração 5% de ausência dos participantes ou exclusão dos mesmos e uma probabilidade de erro com $\alpha = 0,05$ (representando a desistência, ausência ou exclusão dos participantes). Nele foram realizadas duas avaliações, uma através do teste t para verificação da diferença entre os grupos, e posteriormente, verificou se houve diferença intragrupo. Logo após, foi realizado o teste de ANOVA two way, aplicada para verificar os desfechos das variáveis analisadas durante os testes realizados, considerando tempo (pré vs. pós intervenção), agrupar fatores (grupos) bem

como a interação entre eles, mensurando os efeitos do EA. Foi utilizado o teste de Spearman para correlacionar variáveis de função pulmonar e variabilidade da frequência cardíaca. Foi utilizada a Classificação de Munro²⁰ para quantificar a amplitude do coeficiente de correlação de Spearman (rs), como pequena |0 a 0,25|, baixa |0,26 a 0,49|, moderada |0,50 a 0,69|, alta |0,70 a 0,89| e muito alta |0,90 a 1|²⁰. Foi adotado um nível de significância de 5% (p <0,05).

5. Resultados

Participaram do estudo 28 indivíduos aparentemente saudáveis, sendo 15 do grupo EA e 13 do controle. Na tabela 1 estão apresentadas as características dos participantes.

Tabela 1 . Características dos Participantes

Variáveis	Grupo EA 3x5 (n=15)	Grupo 3x5 (n=13)	p
Sexo	N(%)	N(%)	
Feminino	9 (60)	5 (38,5)	0,272
Masculino	6 (40)	8 (61,5)	0,272
	Média ± DP	Média ± DP	
Idade	21,80± 4,45	21,84±3,60	0,976
Altura (cm)	170,00±9,93	158,45±48,08	0,371
Peso (Kg)	71,48±12,84	68,88±12,53	0,593

Legenda: EA: empilhamento de ar, DP - desvio padrão.

Os dados de comparação das variáveis pulmonares e de variabilidade da frequência cardíaca entre os grupos e intragrupo estão apresentados na tabela 2 .

Tabela 2. Comparações intragrupos e intergrupos pré intervenção e pós intervenção (Grupo intervenção: Grupo EA 3x5; e Grupo controle: Grupo 3x5)

Variáveis	Grupo EA 3x5 (n= 15)				Grupo 3x5 (n= 13)				Diferença média entre os grupos (pré)		Diferença média entre os grupos (pós)		Diferença média entre os grupos (após 20 min)	
	Pré Intervenção Média ± DP	Pós Intervenção Média ± DP	Após 20 min de intervenção Média ± DP	p valor	Pré Intervenção Média ± DP	Pós Intervenção Média ± DP	Após 20 min de intervenção Média ± DP	p valor	p valor	p valor	p valor	p valor	p valor	
PiMáx	94,52±41,28	91,25±38,27	88,47±34,85	0,910	90,49±22,91	84,67±23,52	85,53±23,69	0,768	4,02	0,758	7,47	0,546	2,932	0,80
PeMáx	110,24±47,76	108,72±52,83	106,80±50,89	0,982	117,67±27,61	112,36±19,37	113,53±20,26	0,692	-7,42	0,626	-3,64	0,816	-6,72	0,659
Espirometria														
CVF	4,51±1,08	4,46±1,03	10,55±23,66	0,384	4,64±0,88	4,62±0,90	11,95±25,86	0,608	-0,13	0,729	-0,16	0,660	-1,39	0,883
VCMáx	4,54±1,07	4,46±1,02	10,29±22,62	0,384	4,65±0,88	11,85±2,62	11,96±2,58	0,608	-0,11	0,771	-0,16	0,667	1,66	0,857
VEF1	3,80±0,79	3,61±0,66	9,92±24,37	0,385	3,93±0,69	17,30±3,29	11,89±2,88	0,408	-0,13	0,640	-6,54	0,273	-1,97	0,846
PFE	7,34±2,76	6,90±2,46	10,92±15,41	0,404	7,24±1,74	12,42±1,82	12,64±19,14	0,600	0,09	0,917	-0,44	0,573	-1,72	0,794
Pletismografia														
CPT	6,03±1,32	5,96±1,59	12,44±25,07	0,384	6,30±1,09	14,83±3,04	14,22±2,75	0,597	-0,27	0,560	-0,52	0,351	-1,78	0,859
CI	2,84±0,54	2,82±0,81	2,75±0,70	0,937	3,10±0,77	11,19±2,88	9,47±2,24	0,592	-0,25	0,319	-0,39	0,237	-6,72	0,271
ITGV	3,18±0,99	3,13±1,02	10,47±28,09	0,374	3,21±0,54	13,10±3,57	11,82±3,07	0,606	-0,02	0,939	-0,13	0,692	-1,35	0,904
ERV	1,01±0,32	0,95±0,47	1,13±0,55	0,578	1,10±0,51	7,42±2,30	8,62±2,74	0,613	-0,09	0,575	-0,12	0,430	-7,49	0,317
RV	2,17±0,98	2,17±1,11	12,41±40,00	0,385	2,10±0,68	15,13±4,68	16,35±5,67	0,604	0,06	0,837	-0,01	0,968	-3,93	0,820
RVCPT	35,22±8,31	35,41±8,63	43,33±31,46	0,458	33,35±8,29	42,72±3,31	42,94±2,92	0,566	1,86	0,558	1,54	0,598	0,38	0,974
VCMáx	3,85±0,68	3,78±0,77	9,29±20,96	0,368	4,20±0,85	11,15±2,49	10,95±2,40	0,605	-0,34	0,250	-0,51	0,140	-1,65	0,847
Difusão														
KCOC	1,72±0,27	1,66±0,24	8,87±2,80	0,387	1,66±0,18	8,42±2,45	8,42±2,45	0,614	0,05	0,534	0,04	0,603	0,45	0,965

DLCOC	9,07±2,37	8,63±2,24	13,76±21,48	0,470	9,37±1,72	15,27±2,30	15,15±2,10	0,639	-0,29	0,713	-0,37	0,606	-1,39	0,864
ERV	0,91±0,36	0,92±0,29	4,56±1,45	0,392	1,03±0,22	6,52±2,57	6,56±2,56	0,631	-0,12	0,293	0,06	0,503	-2,00	0,766
RVSB	1,70±0,73	1,69±0,79	8,06±2,46	0,379	1,77±0,45	13,54±4,25	11,07±3,33	0,602	-0,07	0,764	-0,11	0,656	-3,01	0,786
RVCPT	30,33±6,51	30,66±7,08	36,26±21,30	0,436	30,46±4,15	39,84±3,27	36,53±2,12	0,569	-0,12	0,952	-0,48	0,833	-0,27	0,973
BHT	11,66±0,56	11,50±0,56	12,62±4,89	0,517	11,57±0,59	12,73±5,65	12,09±2,82	0,722	0,09	0,671	0,30	0,156	0,53	0,734
DLCOSB	27,09±7,08	25,76±6,70	29,05±18,36	0,757	27,98±5,15	31,55±18,61	32,28±16,57	0,729	-0,88	0,713	-1,13	0,606	-3,22	0,632
KCO	5,15±0,82	4,96±0,74	11,81±2,74	0,410	4,98±0,55	11,41±2,36	11,40±2,36	0,622	0,168	0,539	0,12	0,610	0,40	0,967
VA	5,32±1,40	5,24±1,39	10,50±2,37	0,388	5,66±1,11	13,17±2,76	12,86±2,55	0,613	-0,34	0,479	-0,38	0,431	-2,35	0,788
CRF	2,61±0,75	2,62±0,87	7,35±1,87	0,392	2,81±0,56	11,53±3,22	8,56±2,11	0,603	-0,19	0,452	-0,04	0,877	-1,20	0,874
VIN	3,76±0,87	3,69±0,81	8,85±1,99	0,383	4,04±0,78	10,38±2,33	10,77±2,41	0,614	-0,28	0,384	-0,26	0,385	-1,92	0,819
CPTSB	5,47±1,41	5,39±1,40	10,84±2,11	0,388	5,82±1,13	13,46±2,81	12,54±2,38	0,612	-0,34	0,487	-0,37	0,441	-1,69	0,843

VFC

MeanRR	733,63±100,28		772,36±76,16	0,044*	700,92±213,95		1462,29±2234,74	0,237	32,71	0,601			-689,92	0,242
MeanHR	83,16±11,57		78,38±7,73	0,046*	80,29±11,66		72,31±10,47	0,002**	2,86	0,520			6,07	0,090
STDHR	5,03±3,91		4,25±1,97	0,226	5,17±2,04		5,05±1,37	0,787	-0,14	0,908			-0,80	0,227
RMSSD	42,96±35,36		35,13±16,78	0,328	44,88±34,51		58,30±41,24	0,021*	-1,91	0,886			-23,17	0,056
RRTRI	8,89±2,85		10,27±3,80	0,138	12,07±4,14		13,74±5,09	0,079	-3,18	0,024*			-3,47	0,049*
LFnu	56,28±21,53		63,48±20,54	0,036*	58,90±20,81		57,33±15,87	0,759	-2,61	0,747			6,15	0,389
HFnu	43,67±21,51		36,46±20,53	0,035*	41,05±20,78		42,63±15,87	0,757	2,62	0,746			-6,17	0,388
LFHF	3,55±6,81		2,92±2,53	0,686	2,23±2,22		1,73±1,21	0,473	1,32	0,511			1,18	0,137
SD1	29,85±25,14		24,90±11,90	0,382	31,80±24,45		41,33±29,24	0,021*	-1,95	0,837			-16,43	0,056
SD2	49,53±39,69		50,80±32,84	0,873	61,67±26,33		74,59±31,41	0,041*	-12,14	0,357			-23,79	0,062

APEN	0,88±0,17	0,93±0,09	0,256	0,89±0,08	0,90±0,09	0,816	-0,01	0,848	0,02	0,447
SAMPEN	1,52±0,44	1,62±0,32	0,284	1,45±0,28	1,70±0,31	0,043*	0,07	0,613	-0,08	0,501
ALPHA1	1,04±0,38	1,13±0,23	0,392	1,14±0,29	1,11±0,25	0,731	-0,10	0,434	0,01	0,864
ALPHA2	0,38±0,15	0,42±0,16	0,488	0,34±0,12	0,36±0,14	0,713	0,04	0,428	0,05	0,333

Legenda: PiMáx: Pressão Inspiratória Máxima, PeMax – Pressão expiratória máxima, CVF – Capacidade vital forçada, VCMax – Volume corrente máximo, VEF₁ – Volume expiratório forçado no primeiro segundo, PFE – Pico de fluxo expiratório, CPT – Capacidade pulmonar total (Total Lung Capacity), CI – Capacidade inspiratória, ITGV – Volume de gás intratorácico, ERV – Volume de reserva expiratório, RV – Volume residual, RVCPT – Relação volume residual / capacidade pulmonar total, KCO – Coeficiente de transferência de monóxido de carbono corrigido, DLCO – Capacidade de difusão do monóxido de carbono corrigida, RVSB – Volume residual obtido por single-breath, BHT – Breath Holding Time (tempo de apneia voluntária), DLCOSB – Capacidade de difusão do monóxido de carbono pelo método de respiração única (single breath), KCO – Coeficiente de transferência do monóxido de carbono, VA – Volume alveolar, CRF – Capacidade residual funcional, VIN – Volume inspirado, CPTSB – Capacidade pulmonar total pelo método de respiração única (single breath), **Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC):** MeanRR – Intervalo RR médio (ms), MeanHR – Frequência cardíaca média (bpm), STDHR – Desvio-padrão da frequência cardíaca, RMSSD – Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas dos intervalos RR, RRTri – Índice triangular dos intervalos RR, LFnu – Low Frequency normalizada (frequência baixa, componente autonômico), HFnu – High Frequency normalizada (frequência alta, componente parassimpático), LF/HF – Razão entre baixa e alta frequência (balanço simpato-vagal), SD1 – Desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (índice parassimpático), SD2 – Desvio padrão dos intervalos RR de longo prazo (índice global da VFC), ApEn – Entropia aproximada (Approximate Entropy), SampEn – Entropia amostral (Sample Entropy), Alpha1 – Expoente fractal de curto prazo (DFA – Detrended Fluctuation Analysis), Alpha2 – Expoente fractal de longo prazo (DFA). *: **p<0,05**; **: **p<0,01**.

As figuras 3 e 4 apresentam as correlações da Capacidade vital forçada (CVF) com as variáveis intervalo RR médio (ms) (Mean RR) ($r=0,525$ e $p=0,043$) e desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (SD1) ($r: 0,668$ e $p=0,006$) respectivamente, do grupo EA 3x5, pós intervenção.

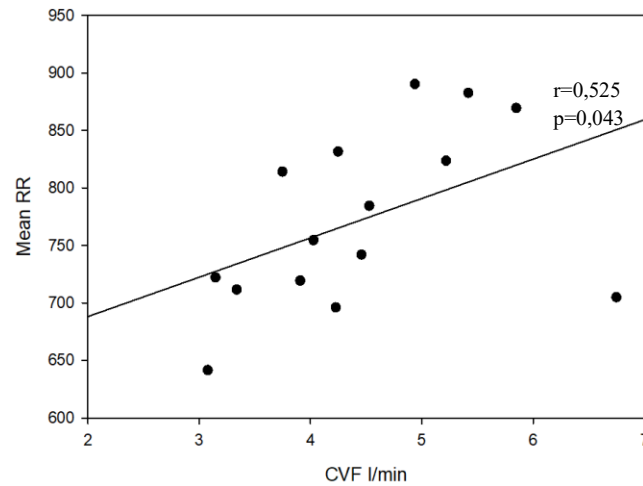


Figura 3. Correlação entre capacidade vital forçada (CVF) e o Intervalo RR médio (ms) (Mean RR).

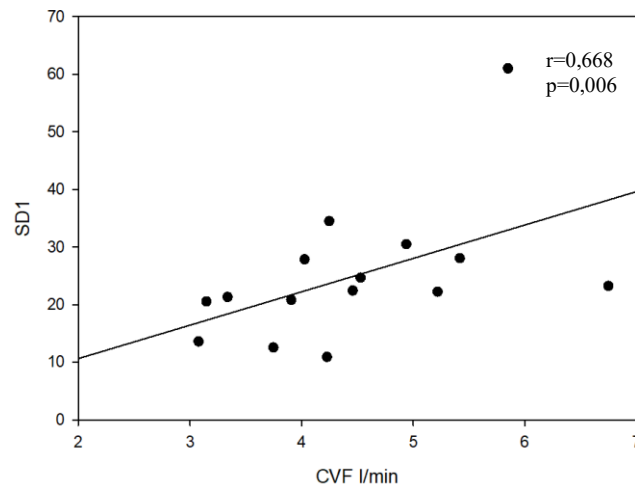


Figura 4. Correlação entre capacidade vital forçada (CVF) e o desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (SD1).

Foram encontradas correlações positivas entre o volume expiratório forçado no primeiro minuto (VEF_1) com Mean RR ($r=0,729$ e $p=0,001$) (Figura 5), raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas dos intervalos RR (RMSSD) ($r=0,536$ e $p=0,0382$) (Figura 6) e desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (SD1) ($r=0,536$ e $p=0,038$) (Figura 7), do grupo EA 3x5, pós intervenção.

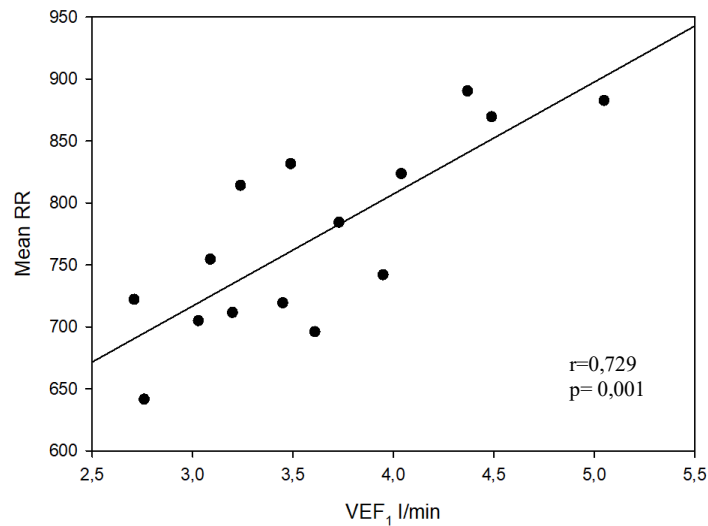


Figura 5. Correlação entre volume expiratório forçado no primeiro minuto (VEF_1) e o intervalo RR médio (ms) (Mean RR).

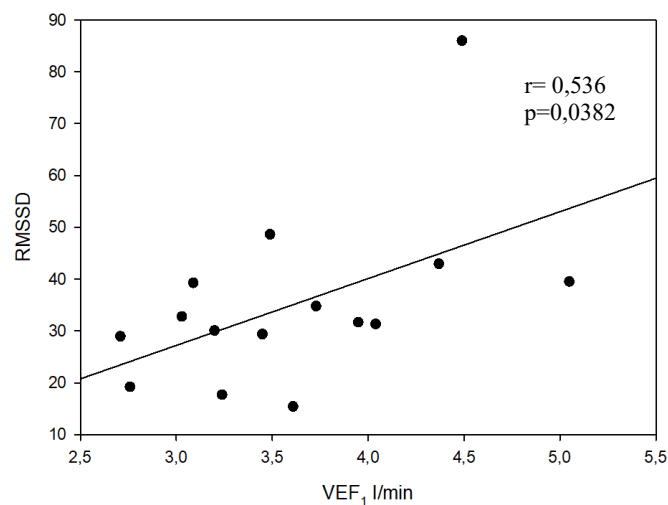


Figura 6. Correlação entre volume expiratório forçado no primeiro minuto (VEF_1) e a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas dos intervalos RR (RMSSD).

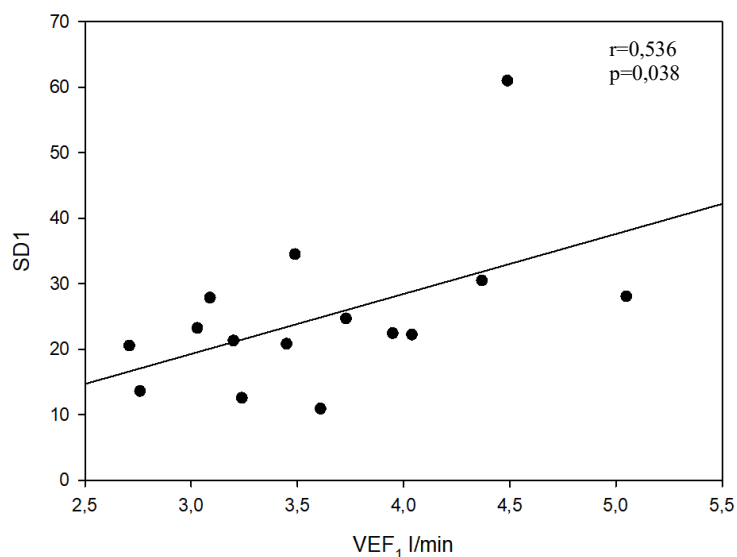


Figura 7. Correlação entre volume expiratório forçado no primeiro minuto (VEF₁) e desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (SD1).

As figuras 8 e 9 apresentam as correlações, positivas, da variável Capacidade Pulmonar Total (CPT) com o RMSSD ($r=0,686$ e $p=0,004$) e SD1 ($r=0,686$ e $p=0,004$), do grupo EA 3x5, após a intervenção.

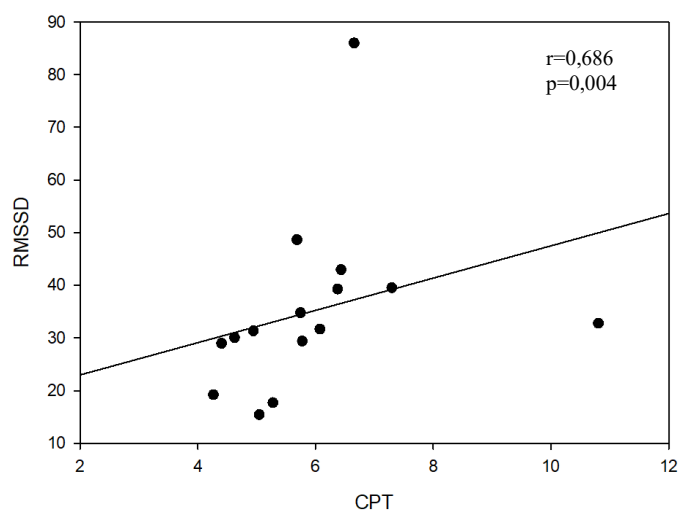


Figura 8. Correlação entre a capacidade pulmonar total (CPT) e a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas dos intervalos (RMSSD)

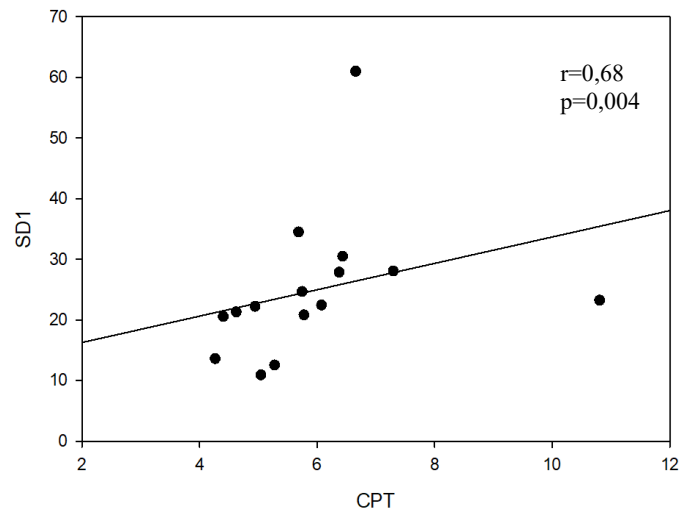


Figura 9. Correlação entre a capacidade pulmonar total (CPT) e desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (SD1).

Quanto o grupo 3x5, também foram observadas as correlações entre as variáveis de VFC e da função pulmonar, sendo assim, as figuras 10 e 11 apresentam as correlações, positivas, entre a relação volume residual / capacidade pulmonar total (RVCPT) com as variáveis Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas dos intervalos RR (RMSSD) ($r=0,592$ e $p=0,033$) e Desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (SD1) ($r=0,592$ e $p=0,033$), após a intervenção.

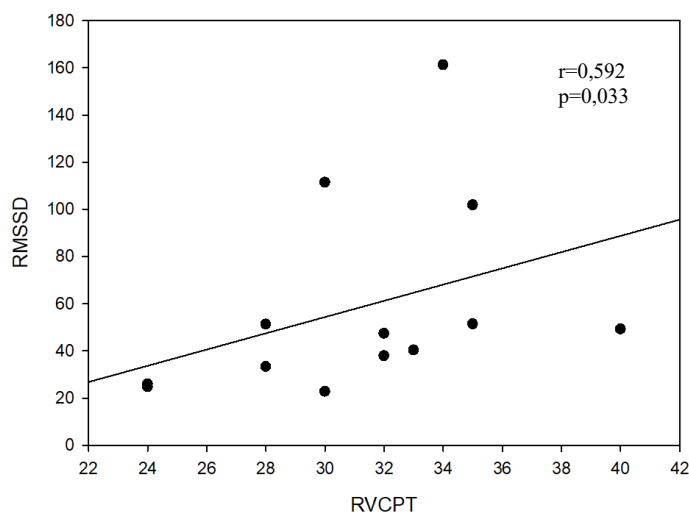


Figura 10. Correlação entre a relação volume residual / capacidade pulmonar total (RVCPT) e a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas dos intervalos (RMSSD).

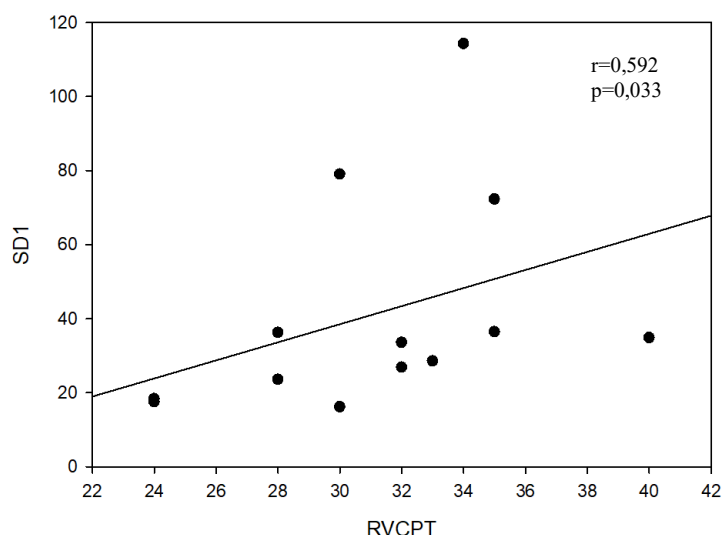


Figura 11. Correlação entre a relação volume residual / capacidade pulmonar total (RVCPT) e desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (SD1).

6. Discussão

Nossos achados demonstraram que o empilhamento de ar (EA) em indivíduos aparentemente saudáveis não promoveu incrementos agudos nas variáveis de função pulmonar, confirmando a hipótese nula, de que o empilhamento não apresentou diferença significativa na função pulmonar. Na VFC as variáveis Mean RR, Mean HR, Lf nu e Hf nu apresentaram alterações significativas, sendo incrementos positivos para o Mean RR e LF nu. Além disso, houve associações entre os intervalos RR (Mean RR) que apresentaram correlação positiva com o CVF e VEF₁, o RMSSD apresentou correlação positiva com VEF₁, CPT e RVCPT, o SD1 apresentou correlação positiva com CVF, VEF₁, CPT e RVCPT.

Contrariamente aos achados nosso estudo, no estudo de Jorgenson et al, 2019²¹, avaliaram a capacidade de difusão pulmonar após aplicação de pressão intratorácica positiva, observaram em indivíduos saudáveis (8 homens e 5 mulheres, com idade média de 26±3 anos) que o aumento da pressão intratorácica seja ela positiva ou negativa, ou ainda por meio de uma inspiração, promoveu incremento nos valores de DLCO.

O valores de difusão de modo geral, segundo estudo de Jorgenson et al, 2019²¹, podem apresentar redução no pós imediato devido a uma provável alteração/compressão do volume capilar pulmonar ou na condutância da membrana alveolar, que podem ser provocadas pelo incremento da pressão interna (intratorácica) durante o empilhamento de ar somados com a sustentação do ar (“apnéia curta”), com a pressão positiva do ambu e com a resistência da

válvula de PEEP, fator este que pode ter ocorrido em nosso estudo, apesar de não haver diferença estatística nas variáveis de difusão.

Embora nossa amostra tenha apresentado maiores valores de função pulmonar após 20 minutos de intervenção, não houve significância estatística. Comparando com a literatura, Sarmiento et al. (2017)²² observaram, em 20 indivíduos saudáveis (8 homens e 12 mulheres; média de 24,3±3,48 anos), aumentos imediatos no pico de fluxo de tosse e na capacidade inspiratória após o empilhamento de ar (EA) com ambu, realizado até o volume máximo inspirado mantido com a glote fechada e seguido de tosse assistida. Utilizando pletismografia optoeletrônica e PeakFlow, o estudo indicou que o EA potencializa de forma aguda e momentânea a função ventilatória, com aumento da capacidade vital funcional, via incremento da CI, e da expansibilidade torácica, (que foi analisada devido a segmentação da análise da CV em parede torácica, caixa torácica e abdominal), embora os valores retornem rapidamente ao basal em indivíduos saudáveis.

Em outro estudo de Sarmiento et al., 2017²³, ao comparar 24 indivíduos, sendo 12 autodeclarados saudáveis, sem doenças cardiovasculares e/ou respiratórias (grupo controle), e 12 indivíduos com esclerose lateral amiotrófica (ELA), e ambos os grupos realizaram o EA associado ao ambu, sendo orientados a realizarem as inspirações seguidas do fechamento glótico até a capacidade de insuflação máxima seguida de uma tosse assistida (tosse forte). Neste por sua vez, a CV nos saudáveis não apresentou diferença significativa após EA e após um período em repouso, porém nos participantes com ELA, esse aumento significativo da CV foi mantido após 5 minutos de EA²³, levantando questionamento sobre a “manutenção” do efeito da técnica a longo prazo. Dessa maneira, foi recomendado a análise do efeito a longo prazo em indivíduos com patologias respiratórias e neurológicas com comprometimentos respiratórios.

Ao analisar o efeito do EA em estudos que fizeram a intervenção em indivíduos com doenças neuromusculares, observamos que, como no estudo de Veldhoen et al., 2022²⁴, os resultados demonstraram aumentos significativos na CVF, indicando uma expansão pulmonar superior à espontânea e maior reserva respiratória em pacientes com doenças neuromusculares. O VEF₁ apresentou incremento moderado, sugerindo melhora na função ventilatória, enquanto o PEF não apresentou diferenças significativas antes e depois do tratamento, mas indicou tendência à melhora da eficácia da tosse, crucial para a mobilização de secreções e prevenção de complicações respiratórias. A CI elevou-se significativamente, evidenciando que o EA permite aos pacientes atingir volumes inspiratórios superiores aos normais, com consequente aumento da ventilação alveolar. Em termos quantitativos, observou-se uma diferença média de

0,090 L na CVF imediatamente após o EA ($p < 0,001$), sendo esse efeito transitório: 1 e 2 horas após o tratamento, a CVF retornou aos níveis basais. O VEF_1 também apresentou melhora imediata, com diferença média de 0,0731 ($p = 0,012$), retornando aos valores basais em poucas horas. Esses achados, assim como nos outros estudos, indicam que o efeito do EA sobre os volumes pulmonares é imediato, porém de curta duração, reforçando a necessidade de aplicação frequente em cuidados na clínica²³. Entretanto, como já mencionado, nenhum dos estudos utilizou a pletismografia de corpo inteiro para as avaliações.

Quanto à VFC, podemos observar os valores que de modo agudo e momentâneo, foram significativos após o EA (Intervalo RR médio - Mean RR, frequência cardíaca média - Mean HR, Frequência baixa, componente autonômico - LF nu e Frequência alta, componente parassimpático - HF nu), e, devido o estudo apresentar-se como uma pesquisa inédita, não foram encontrados outros artigos para que pudéssemos discutir tais resultados. Para tanto, realizamos uma análise estatística correlacionando os valores da VFC com os de função pulmonar, com objetivo de compreendermos melhor as associações existentes e o benefício do EA. Assim, quando olhamos para as tabelas 3, 4, 5 e 6, podemos verificar fortes associações entre as variáveis, sendo relevante a interação entre as variáveis de modo fisiológico.

A CPT apresenta correlação com índices parassimpáticos visto que ao observar os valores da correlação, a CPT apresentou forte correlação com a RMSSD ($r=0,686$; $p=0,005^{**}$) e aumento da complexidade dos dados devido o aumento importante e positivo do Desvio padrão dos intervalos RR de curto prazo (índice parassimpático) (SD1) ($r=0,686$; $p=0,005^{**}$).

Por sua vez, a Capacidade Vital Forçada (CVF) ao apresentar forte correlação com o SD1 ($r= 0,668$; $p=0,007^{**}$) e Desvio padrão dos intervalos RR de longo prazo (índice global da VFC) (SD2) ($r=0,607$; $p=0,016^*$), concluímos que quanto melhor a função pulmonar maior a complexidade dos dados da VFC e maiores associações e interferências na CVF devido aos fatores parassimpáticos a curto prazo, interferindo também no intervalo RR médio cardíaco (Means RR) ($r=0,525$; $p=0,044^*$), o que pode ser interpretado de modo positivo, visto que com o incremento do EA a função pulmonar é melhorada, visando a CVF, o que contribui para uma melhor atividade do sistema nervoso autônomo e reflete diretamente no tempo entre os batimentos cardíacos de modo sucessivo, assim como na recuperação do controle parassimpático cardíaco e no melhor estado de repouso do indivíduo.

É fundamental observar as correlações entre a CRF com o SDNN e o RMSSD, o DLCO e DLCOC com o LF nu, devido às alterações de fluxo sanguíneo pulmonar, de perfusão pulmonar e a própria modulação vagal e avaliação do barorreflexo, causadas pela regulação

autônômica simpática e/ou ajustes autonômicos, os quais apresentam modificações diretas sobre o coração durante os ciclos respiratórios.

7. Limitações e desdobramentos futuros

O presente estudo apresenta diversas limitações, quanto ao protocolo proposto, observamos que ao estabelecermos um padrão de séries e repetições para todos os participantes, não estabelecendo como limite a capacidade de insuflação máxima, visando uma padronização e um limite de segurança, nossos resultados podem ter se apresentados de forma subestimada, visto que, devido a ausência da rigidez do ambu, não podemos afirmar que os participantes chegaram ao seu máximo. No entanto, optamos por estabelecer o protocolo, visto que a confiabilidade intra e interavaliador para a capacidade de insuflação máxima ainda não foi estabelecida.

Outra limitação observada durante as avaliações, foi a necessidade de repetirmos as manobras, seguindo as orientações de padrões e intervalos entre os valores das variáveis, como por exemplo a diferença máxima de 10% entre as três melhores manobras dos valores de $PiMáx$ e $PeMáx$, estabelecidas pelas diretrizes das avaliações, dificultando assim, seguir adiante sem refazer as manobras. Tal limitação poderia ter sido evitada com um momento prévio para o aprendizado dos testes pelos participantes, porém devido o pletismógrafo ser um equipamento de alto custo, assim como o gás utilizado e a manutenção do mesmo, torna-se inviável o contato prévio com o equipamento, ou talvez não realizar a manobra de $PiMáx$ e $PeMáx$.

Por fim, outra limitação é quanto a amostra do estudo, e sendo indivíduos aparentemente saudáveis, jovens, sem comorbidades, o EA não foi capaz de promover incrementos positivos para este grupo em específico.

Portanto, os resultados obtidos ressaltam a necessidade de investigações futuras que explorem diferentes populações, incluindo indivíduos com condições neuromusculares, doenças respiratórias crônicas e distintos perfis demográficos, a fim de ampliar a compreensão dos mecanismos envolvidos e consolidar o papel do empilhamento de ar na prática fisioterapêutica tanto na intervenção quanto na prevenção.

8. Conclusão

Os achados deste estudo indicam que o empilhamento de ar (EA) em indivíduos aparentemente saudáveis não promoveu incrementos agudos nas variáveis de função pulmonar.

Houve associação da CVF, VEF₁ e CPT com a complexidade dos dados, e índices parassimpáticos de VFC.

9. Referências

- 1- Segre M, Ferraz FC. O conceito de saúde. Rev Saúde Pública, 1997;31(5):538–42. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0034-89101997000600016>
- 2- Conte M, Gonçalves A, Chalita LVAS, Ramalho LCB. Nível de atividade física como estimador da aptidão física de estudantes universitários: explorando a adoção de questionário através de modelagem linear. Revista Brasileira De Medicina Do Esporte, 2008.
- 3- Manço JC. Fisiologia e fisiopatologia respiratórias. Medicina, Ribeirão Preto, 31: 177-190, abr./jun. 1998
- 4- Silva LCC, Rubin AS, Silva LMC. Avaliação Funcional Pulmonar. Rio de Janeiro, Revinter, 2020.
- 5- França *et al.* Fisioterapia em pacientes críticos adultos: recomendações do Departamento de Fisioterapia da Associação de Medicina Intensiva Brasileira, 2012.
- 6- Lima FM, Souza MA, Marins NB, Sampaio VR, Gardenghi G. O efeito da técnica de air stacking em pacientes portadores de doenças neuromusculares. Revista Eletrônica Saúde e Ciência (RESC), v. 4, n. 2, p. 20-28, 2014
- 7- Vanessa Moll . Vias respiratórias e dispositivos respiratórios. Emory University School of Medicine, Department of Anesthesiology, Division of Critical Care Medicine. Revisado/Corrigido: abr 2023
- 8- Vital E & Braga T. Uso do AMBU nos Exercícios de Empilhamento de Ar Uma ferramenta de trabalho do Fisioterapeuta e do Fonoaudiólogo, 2019.
- 9- Marques TBC, Neves JC, Portes LA, Salge JM, Zanoteli E, Reed UC. Air stacking: effects on pulmonary function in patients with spinal muscular atrophy and in patients with congenital muscular dystrophy. J bras pneumol [Internet].
- 10- Jeong JH & Yoo WG. Effects of air stacking on pulmonary function and peak cough flow in patients with cervical spinal cord injury. J Phys Ther Sci. 2015 Jun;27(6):1951-2. doi: 10.1589/jpts.27.1951. Epub 2015 Jun 30. PMID: 26180355; PMCID: PMC4500018.
- 11- Souza J, Borges G, & Chicayban LM. AIR STACKING EM PACIENTES COM DOENÇAS NEUROMUSCULARES: REVISÃO DA LITERATURA. *Biológicas & Saúde*, 2018,8:27. <https://doi.org/10.25242/886882720181417>
- 12- Pereira CAC & Moreira MAF. Pletismografia – resistência das vias aéreas. J Pneumol 28(Supl 3) – outubro de 2002.
- 13- Sarmiento A, Resqueti V, Dourado-Júnior M, Saturnino L, Aliverti A, Fregonezi G, de Andrade AD. Effects of Air Stacking Maneuver on Cough Peak Flow and Chest Wall Compartmental Volumes of Subjects With Amyotrophic Lateral Sclerosis. Arch Phys Med Rehabil. 2017 Nov;98(11):2237-2246.e1. doi: 10.1016/j.apmr.2017.04.015. Epub 2017 May 17. PMID: 28526483.
- 14- Bessa EJC, Lopes AJ. Métodos de medidas dos volumes pulmonares: técnicas Methods of the lung volumes measurement: techniques; 2018.

- 15- Guimarães VP, et al. Valores de referência para a difusão do monóxido de carbono (fator de transferência) em uma amostra brasileira da raça branca. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* [online]. 2019, v. 45, n. 5 [Acessado 1 Maio 2024], e20180262. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-3713/e20180262>>.
- 16- Pereira CAC, Sato T and Rodrigues SC. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* [online]. 2007, v. 33, n. 4 [Acessado 1 Maio 2024], pp. 397-406. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-37132007000400008>>.
- 17- European Society Of Cardiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. TASK FORCE of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*, v, 93, p. 1043-65, 1996.
- 18- Ferreira, M. T. Caracterização do comportamento caótico da variabilidade da frequência Cardíaca (VFC) em Jovens Saudáveis. *TEMA Tend Mat Apl Comput*, v. 11, p. 141-51, 2010.
- 19- Tarvainen, M.P. et al. Kubios HRV-heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed*, v. 113, p. 210-20, 2014.
- 20- MUNRO, B.H. Correlation. In: Munro BH. *Statistical methods for health care research*. 4a ed. Philadelphia, PA: Lippincott, p. 223-43, 2001.
- 21- Jorgenson CC, Coffman KE, Johnson BD. Effects of intrathoracic pressure, inhalation time, and breath hold time on lung diffusing capacity. *Respir Physiol Neurobiol*. 2018 Dec;258:69-75. doi: 10.1016/j.resp.2018.06.001. Epub 2018 Jun 6. PMID: 29885374; PMCID: PMC6251732.
- 22- Sarmiento A, et al. Air Stacking: A Detailed Look Into Physiological Acute Effects on Cough Peak Flow and Chest Wall Volumes of Healthy Subjects. *Respir Care*. 2017 Apr;62(4):432-443. doi: 10.4187/respcare.05189. Epub 2017 Feb 14. PMID: 28196935.
- 23- Sarmiento A, et al. Assessment of gas compression and lung volume during air stacking maneuver. *Eur J Appl Physiol*. 2017 Jan;117(1):189-199. doi: 10.1007/s00421-016-3511-y. Epub 2016 Dec 9. PMID: 27942954.
- 24- Veldhoen ES, Vercoelen F, Ros L, Verweij-van den Oudenrijn LP, Wösten-van Asperen RM, Hulzebos EH, Bartels B, Gaytant MA, van der Ent K, Ludo van der Pol W. Short-term effect of air stacking and mechanical insufflation-exsufflation on lung function in patients with neuromuscular diseases. *Chron Respir Dis*. 2022 Jan-Dec;19:14799731221094619. doi: 10.1177/14799731221094619. PMID: 35442817; PMCID: PMC9024083.

10. Apêndices

Apêndice I - Ficha de avaliação



FICHA DE AVALIAÇÃO

DATA DA AVALIAÇÃO ____ / ____ / ____

NOME: _____

IDADE: _____ DATA DE NASCIMENTO: _____

SEXO: ()Feminino ()Masculino

Grupo: _____

Código do participante: _____

FORÇA DOS MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS

	1° Medida	2° Medida	3° Medida	4° Medida	5° Medida	%previsto
PIMÁX						
PEMÁX						

ESPIROMETRIA

	Medida	%previsto
CVF		
CVL		
VEF ₁		
PEF		

PLETISMOGRAFIA DE CORPO INTEIRO

	Medida	% do previsto		Medida	% do previsto		Medida	% do previsto
CVF			TFEF			Gva		
VEF			VR			ITGV		
FEF			CPT			PFE		
CV			Rva			CIM		

DIFUSÃO DOS GASES

	Medida	% do previsto		Medida	% do previsto
DLCOS B			CRF		

KCO			VIN		
VA			TLC-SB		
DLCOS B			CRF		

REGISTRO DA VFC

Pré Intervenção

Data: _____

Hora de chegada: _____

Condições do ambiente (temperatura e umidade) : _____

Repouso sentado	Hora Início	Hora término	Observações
Hora			
FC			
FR			

MASR	Hora Início	Hora término	Observações
Hora			
FC			
FR			

Durante Intervenção

	Hora Início	Hora término	Observações
Hora			
FC			
FR			

Pós Intervenção

Repouso sentado	Início	Término	Observações
Hora			
FC			
FR			

MASR	Início	Término	Observações
Hora			
FC			

FR			
----	--	--	--

Check-list coleta de VFC

- Ambiente silencioso (qualquer ruído gera artefato no sinal e dificulta a análise)
- Perguntar sobre alimentação antes da coleta (alimentos e bebidas cafeinadas), qualidade do sono
- Orientar voluntário a não realizar nenhum movimento
- Orientar voluntário a respirar tranquilamente nas posições de repouso deitado e sentado
- Orientar voluntário a não dormir
- Orientar que as mudanças de posição serão registradas no relógio e assim que assumir a posição sentada, manter em repouso, sem movimentos