



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**EFEITOS DO *BREATH STACKING*, ESPIROMETRIA DE INCENTIVO E
ALONGAMENTO DOS MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS SOBRE O PADRÃO
VENTILATÓRIO E A DISTRIBUIÇÃO DE VOLUMES DA PAREDE TORÁCICA EM
INDIVÍDUOS PÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO.**

CATARINA SOUZA FERREIRA RATTES LIMA

Recife | 2014

CATARINA SOUZA FERREIRA RATTES LIMA

**EFEITOS DO *BREATH STACKING*, ESPIROMETRIA DE INCENTIVO E
ALONGAMENTO DOS MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS SOBRE O PADRÃO
VENTILATÓRIO E A DISTRIBUIÇÃO DE VOLUMES DA PAREDE TORÁCICA EM
INDIVÍDUOS PÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

Linha de Pesquisa: instrumentação e intervenção fisioterapêutica

Orientadora(s):

Prof^a Armêle de Fátima Dornelas de Andrade e
Prof^a Shirley de Lima Campos

Recife | 2014

Ficha catalográfica elaborada pela
Bibliotecária Mônica Uchôa, CRB4-1010

L732e Lima, Catarina Souza Ferreira Rattes.
Efeitos do *breath stacking*, espirometria de incentivo e alongamento dos músculos respiratórios sobre o padrão ventilatório e a distribuição de volumes da parede torácica em indivíduos pós acidente vascular encefálico / Catarina Souza Ferreira Rattes Lima. – Recife: O autor, 2014. 114 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Armêle Dornelas de Andrade.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, 2014.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Acidente vascular encefálico. 2. Exercícios respiratórios. 3. Alongamento. 4. Músculo respiratório. I. Andrade, Armêle Dornelas de (Orientadora). II. Título.

615.8 CDD (23.ed.) UFPE (CCS2016-010)

“EFEITOS DO *BREATH STACKING*, ESPIROMETRIA DE INCENTIVO E ALONGAMENTO DOS MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS SOBRE O PADRÃO VENTILATÓRIO E A DISTRIBUIÇÃO DE VOLUMES DA PAREDE TORÁCICA EM INDIVÍDUOS PÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO”.

CATARINA SOUZA FERREIRA RATTES LIMA

APROVADA EM: 18/03/2014

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. ARMÊLE DE FÁTIMA DORNELAS DE ANDRADE

COORDINADORA: PROF^a. DR^a. SHIRLEY LIMA CAMPOS

COMISSÃO EXAMINADORA:

PROF^a. DR^a. KÁTIA KARINA DO MONTE SILVA – FISIOTERAPIA/UFPE

PROF^a. DR^a VERÔNICA FRANCO PARREIRA – FISIOTERAPIA/UFMG

PROF. DR. ANDREA ALIVERTI – BIOENGENHARIA/INSTITUTO POLITÉCNICO DE MILÃO

Visto e permitida à impressão

Coordenador(a) do PPGFISIOTERAPIA/DEFISIO/UFPE

*Dedico este trabalho a meus pais, Ancelmo Rattes e Joana Rattes, pelo exemplo,
incentivo, amor e carinho durante minha caminhada.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, a Jesus e a Espiritualidade pela permissão e amparo durante essa jornada, e por todas as bênçãos a cada amanhecer da minha vida.

Aos meus amados pais Ancelmo Rattes e Joana Rattes, meu porto seguro, agradeço pelo amor incondicional, pelo exemplo de força e luta diária, por me ensinar a ser digna e ética diante de minhas escolhas, por compreender minhas limitações e por me mostrar a importância da evolução moral nesta existência.

Aos meus irmãos Carolina Rattes e Tiago Rattes pela alegria de tê-los como exemplo de carinho e companheirismo, sempre ao meu lado, e pela compreensão nos momentos de ausência. E a minha cunhada Renata Rattes, minha 'irmã' mais velha, por fazer de cada dia um motivo de sorrir com suas mensagens amorosas de incentivo.

À minha orientadora Prof^a Armêle Dornelas, que admiro ternamente, por cada oportunidade de crescimento, por acreditar que eu sou capaz e por tornar possível esta conquista e muitas outras. Agradeço por compreender meus momentos de dificuldades e por me dar a cada dia de convivência um dos melhores exemplos de dedicação, perseverança e coragem.

À minha orientadora Prof^a Shirley Campos por todo apoio e atenção fundamentais na construção deste trabalho, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e admirá-la como um grande exemplo de dedicação e inteligência.

À Caio Morais pela ajuda imprescindível em todos os momentos desta conquista, admiro-o como profissional e cima de tudo como ser humano e hoje tenho a alegria de tê-lo como amigo.

À Thiago Gonçalves, aluno de iniciação científica, pela empenho e dedicação fundamentais para a realização deste trabalho, admiro-o pela grandeza interior na certeza que será um excelente profissional.

A toda equipe do Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da Universidade Federal de Pernambuco pela torcida, por toda ajuda e pela alegria de fazer parte dessa grandiosa família, em especial à amiga Larissa Sayão pela presença, ajuda e ensinamentos nos momentos finais deste trabalho.

À Jacqueline Barcelar, minha 'fada madrinha' durante todo esse período, pelas palavras de incentivo e encorajamento, e que por sua experiência me fazia entender minhas limitações, possibilidades e realidades.

À Prof^a Andrea Lemos, que trouxe e ainda traz ensinamentos para toda minha vida.

Às Prof^a Daniella Cunha e Prof^a Patrícia Érica por todo apoio, orientações e pela oportunidade de aprender sempre na convivência do dia a dia.

À Prof^a Verônica Parreira e a todos do Laboratório de Cardio Respiratório (LABCARE) da Universidade Federal de Minas Gerais, que me proporcionaram oportunidade única de crescimento, vivência e aprendizado profissional e pessoal.

A todos do Laboratório de Neurociência Aplicada (LANA) pela disponibilidade em todos os momentos e pelo encaminhamento dos muitos voluntários que fizeram parte desta pesquisa.

Aos docentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, em especial a Nieve Melo e Maria Carolina Henriques, por toda atenção e pelo trabalho competente que realizam, ajudando e esclarecendo em todos os momentos.

A todos os amigos do Centro Espirita União Divina, em especial às queridas amigas Eridan Mourão e Siva Cadena por todo amor, cuidado e apoio incondicional.

Aos amigos do Instituto Fraterno Irmãos de Luz pela força e torcida durante toda essa jornada e em especial a minha querida amiga Fátima Câmara (“Mãe”) e seus filhos por todas as palavras de incentivos e por sempre me acolherem com carinho nos momentos de dificuldade.

Aos colegas de turma do mestrado pela convivência e aprendizado durante todo esse período.

Às minhas queridas amigas Renata Pereira e Deniele Lós, amigas de todas as horas, pelo companheirismo e apoio imprescindível nesta jornada e por todas as alegrias de tê-las ao meu lado durante essa jornada e na minha vida.

Aos queridos amigos Camila Dantas, Ivson Bezerra, Carolina França e Gabriela Cavalcanti pelo apoio, torcida, conselhos e ajuda nos momentos de dificuldades.

A todas as minhas tias, tios e primos, minha grande família, pela torcida e pelo apoio sempre contagiante e acreditando que tudo é possível. Agradeço-os também por todos os exemplos de superação e coragem que me proporcionam de maneiras diversas.

Aos amigos do Grande Recife Consórcio de Transporte pela torcida e apoio a minha mãe e a mim durante essa jornada.

Por fim, a todos os voluntários desta pesquisa pela confiança e dedicação durante o estudo e pela possibilidade de aprender sempre mais, não só cientificamente como também pelas grandes lições de vida repassadas em suas histórias pessoais. Foram imprescindíveis nesta construção.

“Há sim, a escolha de cada um que se torna autêntica, verdadeira e sincera quando respeita a essência, quando nos deixa íntegro, indissolúvel, inteiro, indivisível, quando respeita, acata, corrobora aquilo que acreditamos.”

Andrea Lemos

RESUMO

A presente dissertação apresenta dois artigos originais realizados com o objetivo de avaliar os efeitos das técnicas de Breath Stacking e Espirometria de Incentivo à volume e do Alongamento dos músculos respiratórios sobre o padrão ventilatório e a distribuição de volumes compartimentais em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de Acidente Vascular Encefálico (AVE). O primeiro estudo trata-se um ensaio clínico, crossover, randomizado com sigilo de alocação, que avaliou através da Pletismografia Optoeletrônica (POE) o efeito da espirometria de incentivo à volume (EIV) e da técnica de *Breath Stacking* (BS) sobre a dinâmica ventilatória e a assimetria da caixa torácica em doze indivíduos com hemiparesia à direita após acidente vascular encefálico (AVE). Os resultados estão presentes no artigo intitulado *“Dinâmica ventilatória e assimetria da caixa torácica durante Breath Stacking e espirometria de incentivo em pacientes após acidente vascular encefálico: ensaio clínico crossover*, e revelam que a técnica BS pode ser mais benéfica em indivíduos pós-AVE por permitir adaptação do diafragma, menor assimetria da caixa torácica e otimizar o desempenho do sistema respiratório durante a expansão pulmonar, quando comparada à EIV. O segundo estudo trata-se de um ensaio clínico, crossover, randomizado com sigilo de alocação e cego, que avaliou através da POE os efeitos agudos do alongamento dos músculos respiratórios (AMR) sobre o padrão ventilatório e a distribuição de volume regional da parede torácica em dez indivíduos com hemiparesia à direita pós-AVE. Os resultados estão descritos no artigo intitulado *“Alongamento dos músculos respiratórios melhoram a expansão da caixa torácica hemiparética: um ensaio clínico randomizado.”*, e relatam que o AMR promove benefícios agudos capazes de melhorar o desempenho do sistema respiratório desses indivíduos.

Palavras-chaves: Acidente vascular encefálico. Exercícios respiratórios. Alongamento. Músculo respiratório.

ABSTRACT

This work presents two original articles carried out to evaluate the effects of 1) techniques of Breath Stacking and Incentive Spirometry and 2) respiratory muscles stretching on the ventilatory pattern and distribution of compartmental volumes in individuals with right hemiparesis post-stroke. The first study is clinical trial, crossover, randomized with allocation concealment, which assessed by optoelectronic plethysmography (OEP) the effect of incentive spirometry volume-oriented (EIV) and Breath Stacking (BS) on the dynamics ventilatory and asymmetry of the rib cage in twelve subjects with right hemiparesis after stroke. Their results are presented in the article entitled " *Ventilatory dynamics and symmetry of the rib cage during Breath Stacking and incentive spirometry in patients after stroke: crossover clinical trial*", and show that the BS may be more beneficial in post-stroke individuals by allowing adaptation of the diaphragm, minor asymmetry of the rib cage and optimize the performance of the respiratory system during lung expansion compared to the EIV. The second study is a clinical trial, crossover, randomized with allocation concealment and blind, which evaluated by OEP the acute effects of respiratory muscle stretching on the ventilatory pattern and distribution of regional volume of the chest wall in ten individuals with right hemiparesis after stroke. Their findings are described in the article entitled "*Respiratory muscles stretching improve the hemiparetic chest wall expansion: a randomised trial.*", and reported that AMR promotes acute benefits that may improve performance of the respiratory system of these individuals

Keywords: Stroke. Breathing exercise. Stretching. Respiratory muscle.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Ab	Abdome
AMR	Alongamento dos Músculos Respiratórios
ATS	<i>American Thoracic Society</i>
AVE	Acidente Vascular Encefálico
BS	<i>Breath Stacking</i>
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CI	Capacidade Inspiratória
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO ₂	Dióxido de Carbono
CPT	Capacidade Pulmonar Total
CRF	Capacidade Residual Funcional
CV	Capacidade Vital
CVF	Capacidade Vital Forçada
CVL	Capacidade Vital Lenta
DATASUS	Dados do Sistema Único de Saúde
DMC	Diferença Mínima Detectável
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
EI	Espirometria de Incentivo
EIV	Espirometria de Incentivo à Volume
FACEPE	Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco
FEM	Fluxo Expiratório Médio
FIM	Fluxo Inspiratório Médio
FR	Frequência Respiratória
IMC	Índice de Massa Corpórea
MEEM	Mini Exame do Estado Mental
PEmáx	Pressão Expiratória Máxima
PFE	Pico de Fluxo Expiratório
PImáx	Pressão Inspiratória Máxima
POE	Pletismografia Optoeletrônica
Rcp	Caixa Torácica Pulmonar
Rca	Caixa Torácica Abdominal
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TEP	Terapia de Expansão Pulmonar
Texp	Tempo Expiratório
Tinsp	Tempo Inspiratório
Ttot	Tempo total
SEM	Erro padrão da média
SUS	Sistema Único de Saúde
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
Vab	Volume do Abdome
Vab,d	Volume do Abdome do Lado Direito
Vab,e	Volume do Abdome do Lado Esquerdo
Vdi	Velocidade Média de Encurtamento do Diafragma
VEF ₁	Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo
Vcw	Volume da Parede Torácica
Vcw,d	Volume da Parede Torácica do Lado Direito
Vcw,e	Volume da Parede Torácica do Lado Esquerdo

VR	Volume Residual
Vrcp	Volume da Caixa Torácica Pulmonar
Vrca	Volume da Caixa Torácica Abdominal
Vrcp,d	Volume da Caixa Torácica Pulmonar do Lado Direito
Vrcp,e	Volume da Caixa Torácica Pulmonar do Lado Esquerdo
Vrca,d	Volume da Caixa Torácica Abdominal do Lado Direito
Vrca,e	Volume da Caixa Torácica Abdominal do Lado Esquerdo
Vt	Volume Corrente
VM	Volume Minuto
VVM	Ventilação Voluntária Máxima

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1. Anthropometric, clinical and pulmonary function characteristics of the sample studied.....	78
Tabela 2. Respiratory variables during QB and during BS and VIS in individuals with right hemiplegia post-stroke	79

Artigo 2

Tabela 1. Anthropometric, clinical, pulmonary function and respiratory muscle data.....	103
Tabela 2. Ventilatory pattern during quiet breathing before and after interventions).....	95
Tabela 3. Distribution of tidal volume in the different compartments considering the hemithorax sides during quiet breathing before and after interventions.....	96

LISTA DE FIGURAS

Referencial Teórico

Figura 1.	Fluxograma de seleção e acompanhamento dos pacientes do Estudo 1 - baseado no CONSORT.....	31
Figura 2.	Fluxograma de seleção e acompanhamento dos pacientes do Estudo 2 - baseado no CONSORT.....	32
Figura 3.	Espirômetro de incentivo Voldyne5000® com ventilômetro acoplado à válvula inspiratória.....	35
Figura 4.	Máscara siliconada utilizada para técnica de <i>Breath Stacking</i> com ventilômetro acoplado à válvula inspiratória.....	35
Figura 5.	Padrão 1: Alongando o pescoço.....	37
Figura 6.	Padrão 2: Alongando a parte superior do tórax.....	37
Figura 7.	Padrão 3. Alongando o peitoral maior.....	38
Figura 8.	Padrão 4. Alongando a região lateral do tórax.....	39
Figura 9.	Espirômetro Micromedical Microloop MK8.....	42
Figura 10.	Manovacuômetro Globalmed MVD.....	43
Figura 11.	Disposição geral dos 89 marcadores em um voluntário com hemiplegia à direita decorrente de AVE.....	44

Artigo 1

Figura 1.	Study chart flow.....	80
Figura 2.	Representation of the variation of volume during Breath Stacking (BS) and Incentive Spirometry (IS). (A) Band corresponding to the interval of basal breathing. (B) During BS maneuver. (C) During IS maneuver.....	81
Figura 3.	Percentage of chest wall volume contribution (V_{cw}) and its compartments (volume of pulmonary rib cage – V_{rcp} ; volume of abdominal rib cage – V_{rca} e abdominal volume – V_{ab}) between right hemithorax (paretic side) and left hemithorax (non-paretic side) during both techniques (BS and VIS - interventions).....	82
Figura 4.	V_{rca}/V_{ab} ratio between quiet breathing and both techniques applied in this study (BS and VIS) in individuals with right hemiplegia post-stroke.....	83

Figura 5.	Diaphragm mean velocity of shortening during quite breathing and performance of BS and VIS in subjects with right hemiplegia post-stroke.....	83
------------------	---	----

Artigo 2

Tabela 1.	Study flow chart.....	106
Tabela 2.	Set of stretching exercised performed by the subjects with right hemiparesis post-stroke.....	107
Tabela 3.	Vital capacity and inspiratory capacity before and after intervention.....	108

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	17
2	INTRODUÇÃO.....	18
2.1	Acidente Vascular Encefálico	18
2.2	Repercussão do AVE no sistema respiratório	19
2.3	Fisioterapia Respiratória	20
2.3.1	Espirometria de Incentivo	20
2.3.2	Breath Stacking	21
2.3.3	Alongamento dos músculos respiratórios	22
2.3.4	Pletismografia Optoeletrônica	23
3	JUSTIFICATIVA.....	25
4	HIPÓTESES	26
5	OBJETIVO	27
5.1	Objetivo Geral	27
5.2	Objetivos Específicos	27
6	MATERIAIS E MÉTODOS	28
6.1	Aspectos Éticos.....	28
6.2	Local e Delineamento dos Estudos	28
6.3	População / Amostra	30
6.3.1	Cálculo amostral	31
6.4	Intervenções.....	32
6.5	Instrumentos de Avaliação	37
6.6	Avaliação Clínica.....	38
6.6.1	Mini Exame do Estado Mental (MEEM)	38
6.6.2	Escala Modificada de Ashworth	38
6.6.3	Índice de Barthel	39
6.7	Avaliação da Função Respiratória.....	39
6.7.1	Espirometria	39
6.7.2	Manovacuometria	40
6.8	Avaliação do Padrão Respiratório e da Distribuição de Volume da Parede Torácica	41
7	RESULTADOS	45
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	47
	APÊNDICE A	53
	APÊNDICE B	55
	APÊNDICE C	79
	ANEXO I	105
	ANEXO II	108
	ANEXO III	110
	ANEXO IV	112
	ANEXO V	113

1 APRESENTAÇÃO

Esta dissertação foi idealizada a partir da junção de duas linhas de pesquisa desenvolvidas pelo Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia da UFPE: (i) “Avaliação da distribuição do volume da parede torácica através da Pletismografia Optoeletrônica” e (ii) “Fisioterapia e Fisiologia Respiratória”, com o objetivo de avaliar através da Pletismografia Optoeletrônica diferentes abordagens terapêuticas em pacientes após acidente vascular encefálico (AVE). Torna-se, dessa forma, o primeiro trabalho desenvolvido em nosso grupo buscando adequar técnicas terapêuticas da Fisioterapia Respiratória a fim de melhorar a funcionalidade do sistema respiratório desses pacientes.

Dessa forma, de acordo com as normas vigentes do Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* em Fisioterapia da UFPE para elaboração de dissertação, o presente exemplar apresenta os resultados obtidos através de dois artigos originais intitulados: (i) “Breathing pattern and chest wall kinematics during Breath Stacking and Incentive Spirometry in patients after stroke: a randomized crossover trial”, que será submetido ao periódico *Chest* (Qualis A1 para área 21 da CAPES) e (ii) “Respiratory muscles stretching improve the hemiparetic chest wall expansion: a randomised trial.”, que será enviado para *Respiratory Care Journal* (Qualis A2 para área 21 da CAPES).

2 INTRODUÇÃO

A síntese temática e os enfoques acerca desta dissertação estão descritas a seguir através de uma revisão de literatura.

2.1 Acidente Vascular Encefálico

O acidente vascular encefálico (AVE) é uma das principais causas de morte e incapacidade adquirida, sendo considerada a segunda maior causa de mortes no mundo (FEIGIN et al., 2009). A mortalidade muda consideravelmente em relação ao grau de desenvolvimento socioeconômico do país e está intimamente ligada à incidência (fatores de risco) e à letalidade da doença (eficácia do tratamento instituído) (BRASIL, 2010). O Brasil apresenta taxa de mortalidade por AVE superior aos países desenvolvidos e países da América do Sul, sendo ainda considerada a quarta maior taxa entre todos os países da América Latina (GARRITANO et al., 2012).

Segundo DATASUS (2014), apenas nos meses de janeiro a outubro de 2013 foram registrados 110.043 internações e 17.710 óbitos no Brasil, resultando em quase 130 milhões de reais de gastos nacionais com diagnóstico e tratamento da doença. Durante esse mesmo período, o estado de Pernambuco gastou mais de 7 milhões de reais em serviços hospitalares e apresentou um aumento superior a 100% com gastos quando comparado o mês de janeiro ao mês de outubro (DATASUS, 2014).

A grande parte dos sobreviventes evolui com desfavorável desfecho apresentando incapacidades e limitações das estruturas e funções corporais, as quais pioram muito suas relações familiares e sociais, atividades da vida diária e ainda são responsáveis por um grande número de absenteísmos laboral (SCALZO et al., 2010; BILLINGER et al., 2012), já que cerca de 70% dos sobreviventes não retornam ao seu trabalho (BRASIL, 2010). Estudos demonstram que esses indivíduos apresentam menor qualidade de vida, principalmente pelo comprometimento dos aspectos físicos e da capacidade funcional (PATEL et al., 2006; SCALZO et al., 2010).

A extensão do comprometimento neurológico está geralmente relacionada com a gravidade do AVE e determina o nível de limitação em realizar atividades de vida diária até fatores intrínsecos como: motivação, humor e cognição (GORDON et al., 2004). Dentre as sequelas mais comuns apresentadas após-AVE estão a hemiplegia/hemiparesia, fraqueza muscular e afasia, que se apresentam como as principais indicações de reabilitação, sendo as mais prevalentes e incapacitantes (GORDON et al., 2004).

Estes indivíduos comumente evoluem com as desvantagens específicas destas sequelas: fadiga, diminuição do equilíbrio, contraturas e espasticidade ou flacidez, que interferem no funcionamento de todo o corpo, podendo comprometer a função motora voluntária necessária para funcionalidade do sistema respiratório (GLADER; STEGMAYR; ASPLUND, 2002; MARCUCCI et al., 2007; OVANDO et al., 2011).

2.2 Repercussão do AVE no sistema respiratório

A respiração pode estar comprometida como resultado direto do curso da doença em si associada a complicações como fraqueza dos músculos respiratórios e alterações da mecânica respiratória, e ainda associada à comorbidades preexistentes e ao estilo de vida sedentária (BILLINGER et al., 2012).

A fraqueza muscular ou espasticidade dos membros superiores associada a alteração postural do tronco podem comprometer a força e a coordenação dos músculos respiratórios. Alguns estudos mostram correlação entre fraqueza da musculatura de controle do tronco e alterações na variação de distribuição de volume da parede torácica com uma menor força muscular respiratória em indivíduos que sofreram AVE (ANNONI; ACKERMANN; KESSELRING, 1990; TEIXEIRA-SALMELA et al., 2005).

A assimetria da ventilação é relatada em estudos que avaliam a mobilidade da parede torácica e a função diafragmática pós-AVE (COHEN et al., 1994; KHEDR et al., 2000; LANINI et al., 2003; DE ALMEIDA et al., 2011, LIMA et al., 2013). Lanini et al (2003) realizaram o primeiro estudo que avaliou a ventilação da parede torácica por hemitórax em indivíduos pós-AVE, e observaram uma diminuição na ventilação voluntária do lado parético, alterações no controle da respiração, com a presença de um padrão ventilatório assimétrico, aumento na sensibilidade de CO₂, além de observar a presença valores de pressões respiratórias máximas reduzidos.

Cohen et al. (1990), Khedr et al. (2000) e De Almeida et al. (2011), observaram redução da mobilidade diafragmática no lado parético em indivíduos pós-AVE, com a presença de comprometimentos da função pulmonar como: redução do capacidade vital forçada (CVF), do volume expiratório final no primeiro segundo (VEF₁), do pico de fluxo expiratório (PFE) e da ventilação voluntária máxima VVM), sugerindo a presença de um padrão respiratório restritivo nesses indivíduos (MILLER, 2008).

Alguns estudos mostram que alterações respiratórias restritivas podem ser atribuídas à rigidez que limita os movimentos respiratórios e dificulta a expansão da

caixa torácica/abdômen (CARDOSO; PEREIRA, 2002; PARREIRA; GUEDES; QUINTÃO, 2003). Assim, a diminuição da mobilidade torácica durante a respiração repercute no aumento do trabalho muscular (CARDOSO; PEREIRA, 2002), e associada disfunção diafragmática de indivíduos pós-AVE pode acarretar em limitação progressiva da ventilação.

O declínio da capacidade cardiorrespiratória e a fadiga excessiva vivida por algumas pessoas após AVE pode ser em parte devido à insuficiência respiratória que se manifesta pela baixa capacidade de difusão pulmonar, alteração da ventilação-perfusão ou diminuição dos volumes pulmonares como a capacidade vital, a capacidade pulmonar total, a capacidade inspiratória e o volume de reserva expiratório (BILLINGER et al., 2012).

2.3 Fisioterapia Respiratória

Visando prevenir e tratar as complicações respiratórias acima reportadas e melhorar a função respiratória de indivíduos que sofreram AVE, diversas são as técnicas de fisioterapia empregadas atualmente, como: padrões ventilatórios seletivos, com ou sem a utilização de interfaces e de pressão positiva, programa de treinamento e de alongamento da musculatura respiratória e fisioterapia torácica convencional (MINOGUCHI et al., 2002; DA CUNHA et al., 2005; CATTANO et al., 2010; BRITTO et al., 2011; RESTREPO et al., 2011; STRICKLAND et al., 2013)

2.3.1 Espirometria de Incentivo

A espirometria de incentivo (EI) é uma das técnicas de expansão pulmonar empregadas pela fisioterapia, largamente descrita na prática clínica como de simples e fácil realização. Foi desenvolvida para mimetizar suspiros naturais através da utilização de uma interface que estimula o paciente colaborativo, por meio de um *feedback* visual, a realizar uma inspiração máxima e sustentada, numa única tentativa, a fim de recrutar alvéolos colapsados e aumentar a ventilação de zonas pulmonares pouco ventiladas, melhorando a efetividade das trocas gasosas (RESTREPO et al., 2011).

A EI pode ser realizada através de dois mecanismos: incentivo fluxo-orientado e volume-orientado, a partir de diferentes instrumentos comercialmente disponíveis. Os espirômetros de incentivo volume-orientado têm sido frequentemente associados a maior mobilização de volume, com menor atividade muscular inspiratória, maior

movilidade do diafragma, com menor trabalho imposto ao sistema respiratório, quando comparados aos dispositivos fluxo-orientado (PARREIRA et al., 2005; TOMICH et al., 2007; YAMAGUTI et al., 2010; RESTREPO et al., 2011; PAISANI et al., 2013; LUNARDI et al., 2013).

Lima et al (2013), em estudo único e pioneiro realizado com indivíduos pós-AVE, avaliaram os efeitos agudos da espirometria de incentivo à volume sobre os volumes da parede torácica e de seus compartimentos a partir da Pletismografia Optoeletrônica. Observaram que a EI promoveu um aumento da expansão em todos os compartimentos da parede torácica e reduziu a assimetria da expansão entre a caixa torácica do lado direito e esquerdo, concluindo assim, que pode ser uma ferramenta satisfatória para a reabilitação do sistema respiratório desses pacientes.

Apesar de sua ampla utilização como parte da rotina profilática e terapêutica da fisioterapia respiratória, a sua eficácia clínica permanece controversa (CATTANO et al., 2010; CARVALHO; PAISANI; LUNARDI, 2011; FREITAS et al., 2012). A efetividade de sua aplicação depende de vários fatores como: tipo de paciente, instrução cuidadosa, supervisão durante a realização da técnica com treinamento respiratório, dependendo, principalmente, da colaboração do paciente através de sua participação e aprendizado (RESTREPO et al., 2011).

2.3.2 Breath Stacking

A técnica de *Breath Stacking* (do inglês, ‘empilhamento da respiração’) foi desenvolvida por Marini, Smith e Lamb (1986), inicialmente com a finalidade de avaliar capacidade vital (CV) em pacientes pouco colaborativos. Em 1990, Baker et al demonstraram que a técnica poderia ser capaz de ajudar pacientes pouco colaborativos a alcançar e sustentar inspiração profunda incrementando volumes pulmonares (BAKER et al., 1990).

A técnica consiste na utilização de uma máscara com válvula unidirecional que permite apenas a soma de volumes inspiratórios sucessivos enquanto a expiração é evitada até alcançar volumes próximos da capacidade pulmonar total (BAKER et al., 1990; DIAS et al., 2008, 2011). Seguindo este mesmo princípio de empilhamento de ar, a capacidade máxima de insuflação pode ser alcançada através de outros dispositivos, como a utilização de uma bolsa de ressuscitação manual, sendo denominada de *Air Stacking* (BACH et al., 2007).

A técnica de *Breath Stacking* (BS) tem sido aplicada principalmente em pacientes pouco colaborativos ou apresentando algum tipo de desconforto como dor ou dispneia, em doenças neuromusculares, no pós-operatório de cirurgia torácica e abdominal e em pacientes pediátricos. Seus benefícios incluem aumento do pico de fluxo expiratório, aumento do volume inspiratório e da capacidade vital forçada, melhora a efetividade da tosse, redução de *shunt*, aumento da ventilação colateral e reversão de áreas de atelectasia (BAKER et al., 1990; PANITCH, 2006; BACH et al., 2007; DIAS et al., 2008, 2011; BRITO et al., 2009; TOUSSAINT et al., 2009; MCKIM et al., 2012).

Atualmente, a BS tem sido utilizada como método alternativo à espirometria de incentivo para estimular a manutenção dos volumes pulmonares em indivíduos pouco colaborativos, apresentando déficit cognitivo, desconfortos ou restrições, que comprometam a realização da EI, ou, ainda, naqueles incapazes de manter um esforço suficiente para atingir seu máximo potencial de volume. Os estudos demonstram efeitos superiores da BS na geração e sustentação de volumes inspiratórios, quando comparada à espirometria de incentivo em pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal ou cardíaca (DIAS et al., 2008, 2011).

2.3.3 Alongamento dos músculos respiratórios

Além das intervenções acima citadas e tendo em vista as modificações na mecânica respiratória observadas nos pacientes pós-AVE decorrentes do comprometimento da musculatura responsável pela respiração, podem ser utilizadas intervenções cujo objetivo seja minimizar a rigidez da caixa torácica causada pelas contraturas, espasticidade ou ainda pela fraqueza muscular nesses indivíduos, permitindo uma maior flexibilidade da parede torácica e melhora no funcionamento do sistema respiratório (KATALINIC; HARVEY; HERBERT, 2011; LEELARUNGRAYUB, 2012).

O alongamento muscular tem sido amplamente utilizado para tratar e prevenir contraturas, podendo ser auto administrado, aplicado manualmente por terapeutas, administrados com sessões de posicionamento utilizando talas ou moldes em série (FARIAS; BUCHALLA, 2005; KATALINIC et al., 2011).

O alongamento dos músculos respiratórios, particularmente dos músculos da caixa torácica, tem sido bem descritos em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Os resultados o têm sugerido como intervenção capaz de aumentar

a expansibilidade da caixa torácica, com melhora do padrão respiratório e da força muscular respiratória, redução da dispneia, melhora da qualidade de vida e da capacidade funcional (ITO et al., 1999; MINOGUCHI et al., 2002; DA CUNHA, et al., 2005; PUTT et al., 2008; LEELARUNGRAYUB et al., 2009). Apesar de não haver uma padronização das estratégias de alongamento dos músculos respiratórios nesses estudos, eles sugerem que esse tipo de abordagem pode ser incluído no programa de reabilitação desses pacientes.

Considerando que, tradicionalmente, após o AVE, a reabilitação por meio da fisioterapia convencional prioriza a avaliação e o tratamento de comprometimentos neurológicos primários, tendo a recuperação motora como meta principal, a investigação de alterações e intervenção no sistema respiratório ainda é uma prática incomum (OVANDO et al., 2011). Apesar de reconhecer a necessidade de abordagens que visem melhorar o funcionamento do sistema respiratório nesses pacientes, existe uma escassez na literatura de intervenções da fisioterapia respiratória em pacientes com sequelas pós-AVE.

2.3.4 Pletismografia Optoeletrônica

A Pletismografia Optoeletrônica (POE) é um sistema de análise do movimento respiratório capaz de detectar pequenos movimentos da parede torácica e de seus compartimentos com precisão e acurácia. É baseada em um analisador automático de movimento, que detecta os marcadores reflexivos posicionados sobre a pele do indivíduo através de câmeras de TV sincronizadas à emissores de luz infravermelha. Um software específico é responsável pelo processamento das imagens em tempo real e calcula as coordenadas 3D de cada marcador posicionado determinando o volume fechado de qualquer superfície da parede torácica (ALIVERTI; PEDOTTI, 2003; ROMAGNOLI et al., 2008).

Diferentes delimitações geométricas da parede torácica podem ser conseguidas de modo a descrever o conjunto de marcadores na superfície da parede torácica ou dos seus diferentes compartimentos. Atualmente, a disposição mais utilizada é a modelagem da parede torácica em 3 compartimentos distintos, porém interdependentes: caixa torácica pulmonar (RCp – *rib cage pulmonary*), caixa torácica abdominal (RCa - *rib cage abdominal*) e compartimento abdominal (Ab – *Abdome*) (ALIVERTI; PEDOTTI, 2003). Essa subdivisão leva em consideração entendimentos fisiológicos e anatômicos, como o posicionamento dos pulmões e a atividade do

músculo diafragma (KENYON et al., 1997). Existe ainda a possibilidade de configurar a análise da parede torácica por hemitórax, resultado assim em uma análise de seis compartimentos distintos que inclui as subdivisões de cada compartimento acima citado em lado direito e esquerdo (LANINI et al., 2003; BRANDÃO et al., 2012; LIMA et al., 2013).

A POE tem sido empregada em diferentes situações fisiológicas e clínica, sendo considerado um método seguro, não invasivo, sem a necessidade de utilização de interfaces como bocais ou máscaras, que permite analisar sob condições dinâmicas como caminhar ou andar de bicicleta e permite uma resposta de alta frequência, a fim de descrever com precisão os fenômenos rápidos (ROMAGNOLI et al., 2008; PARREIRA et al., 2012).

No pós-AVE, existe na literatura apenas dois estudos que avaliam o padrão respiratório e a distribuição compartimental de volume da parede torácica, em especial a distribuição por hemitórax, que nesses indivíduos é caracterizado pelo lado parético/hemiplégico e lado saudável. O primeiro estudo com essa população foi realizado por Lanini et al (2003), que avaliaram as diferenças entre o volume corrente do lado parético e saudável durante a respiração tranquila, hiperventilação voluntária e estimulação hipercápnica e observaram a presença de uma ventilação assimétrica, com aumento da sensibilidade ao dióxido de carbono e uma diminuição da ventilação voluntária no lado parético.

Recentemente, Lima et al (2013) com o intuito de minimizar as repercussões do AVE sobre o sistema respiratório, avaliaram os efeitos agudos da aplicação da espirometria de incentivo à volume sobre a variação de volume da parede torácica, incluindo a análise por hemitórax, em indivíduos pós-AVE comparado a um grupo controle. Neste estudo, foi observado que a EI promove um aumento da expansão em todos os compartimentos da parede torácica e reduz a expansão assimétrica entre a caixa torácica pulmonar direita e esquerda, o que pode tornar essa intervenção uma ferramenta para a reabilitação desses pacientes.

Apesar da aplicação da Pletismografia Optoeletrônica ser predominantemente para a pesquisa, estudos recentes mostram a promessa para potenciais aplicações na avaliação do volume pulmonar em uma variedade de situações clínicas, na avaliação da função mecânica e identificação de alterações pulmonares como resultados de procedimentos, medicamentos ou outros tratamentos.

3 JUSTIFICATIVA

O acidente vascular encefálico (AVE) é uma doença dispendiosa devido ao grande número de mortes prematuras e grande parte dos sobreviventes evolui com incapacidades contínuas com repercussões para a família, prestadores de assistências e para os serviços de saúde (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2006). Em face de seu inegável impacto social, econômico e previdenciário, determinar a extensão e compreender as incapacidades após o AVE é alta prioridade para o sistema de cuidados em saúde.

Após o AVE, os sobreviventes podem apresentar como principal incapacidade a hemiplegia/hemiparesia que promove alterações na mecânica pulmonar diminuindo os volumes pulmonares e a força muscular respiratória, prejudicando a função pulmonar, levando esses pacientes a complicações respiratórias e internações hospitalares de repetição (FERNANDES; MARTINS; BONVENT, 2007; BILLINGER et al., 2012)

Apesar do reconhecimento da necessidade de intervenções para melhorar a função pulmonar e força muscular respiratória através de testes eficazes com protocolos bem estabelecidos e estratégias terapêuticas confiáveis (BILLINGER et al., 2012), ainda existe uma lacuna na literatura quanto a abordagem da Fisioterapia Respiratória em pacientes com sequelas pós-AVE. Dessa forma, torna-se fundamental a ampliação do conhecimento sobre métodos de avaliação das alterações respiratórias e adequação das técnicas terapêuticas e preventivas a fim de contribuir com uma melhor qualidade de sobrevivência destes pacientes.

Este estudo buscou abordar estes dois aspectos, a avaliação – por utilizar como ferramenta acurada de avaliação a Pletismografia Optoeletrônica, cujas respostas estão relacionadas à promover uma varredura das condições ventilatórias do sistema respiratório; e a terapêutica – à medida que experimentou os efeitos das técnicas de expansão pulmonar: Breath Stacking (BAKER; LAMB; MARINI, 1990) e Espirometria de Incentivo (RESTREPO et al., 2011), e também os efeitos agudos do alongamento dos músculos respiratórios (DA CUNHA, et al., 2005), cujas aplicabilidades efetivas neste grupo de pacientes não haviam sido estudadas, tão pouco, comparadas.

4 HIPÓTESES

O presente estudo teve como hipóteses:

I – As técnicas de *Breath Stacking* e Espirometria de Incentivo à volume promovem semelhantes incrementos de volume no sistema respiratório;

II – A realização de um protocolo de Alongamento dos Músculos Respiratórios aumenta o volume dos compartimentos da caixa torácica do hemitórax direito.

5 OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivos:

5.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos das técnicas de Breath Stacking e Espirometria de Incentivo à volume e do Alongamento dos músculos respiratórios sobre o padrão ventilatório e a distribuição de volumes compartimentais em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de Acidente Vascular Encefálico (AVE).

5.2 Objetivos Específicos

5.2.1 Objetivos do estudo 1

Avaliar os efeitos das técnicas de Breath Stacking (BS) e da Espirometria de Incentivo à volume (EIV) sobre o padrão ventilatório e a distribuição de volumes compartimentais em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de AVE.

5.2.2 Objetivos do estudo 2

Avaliar os efeitos agudos do Alongamento dos Músculos Respiratórios (AMR) sobre o padrão ventilatório e a distribuição de volumes compartimentais em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente AVE.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução deste estudo, as seguintes características metodológicas foram consideradas:

6.1 Aspectos Éticos

A presente pesquisa atendeu aos termos preconizados pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução nº 196/1996) para pesquisa com seres humanos e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da UFPE sob o protocolo CAAE 14011913.0.0000.5208 – Anexo I.

Todos os voluntários foram devidamente informados sobre os objetivos, os métodos, os riscos e os benefícios do estudo e participaram voluntariamente de acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (APÊNDICE A).

6.2 Local e Delineamento dos Estudos

A presente pesquisa foi realizada no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFPE, no período de setembro de 2013 a janeiro de 2014, sendo composta por dois estudos:

Estudo 1: ensaio clínico, do tipo crossover, randomizado e com sigilo de alocação, que avaliou os efeitos de duas técnicas de expansão pulmonar, técnicas de Breath Stacking (BS) e de Espirometria de Incentivo à volume (EIV), sobre o padrão ventilatório e a distribuição de volumes compartimentais em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de AVE. (Figura 1)

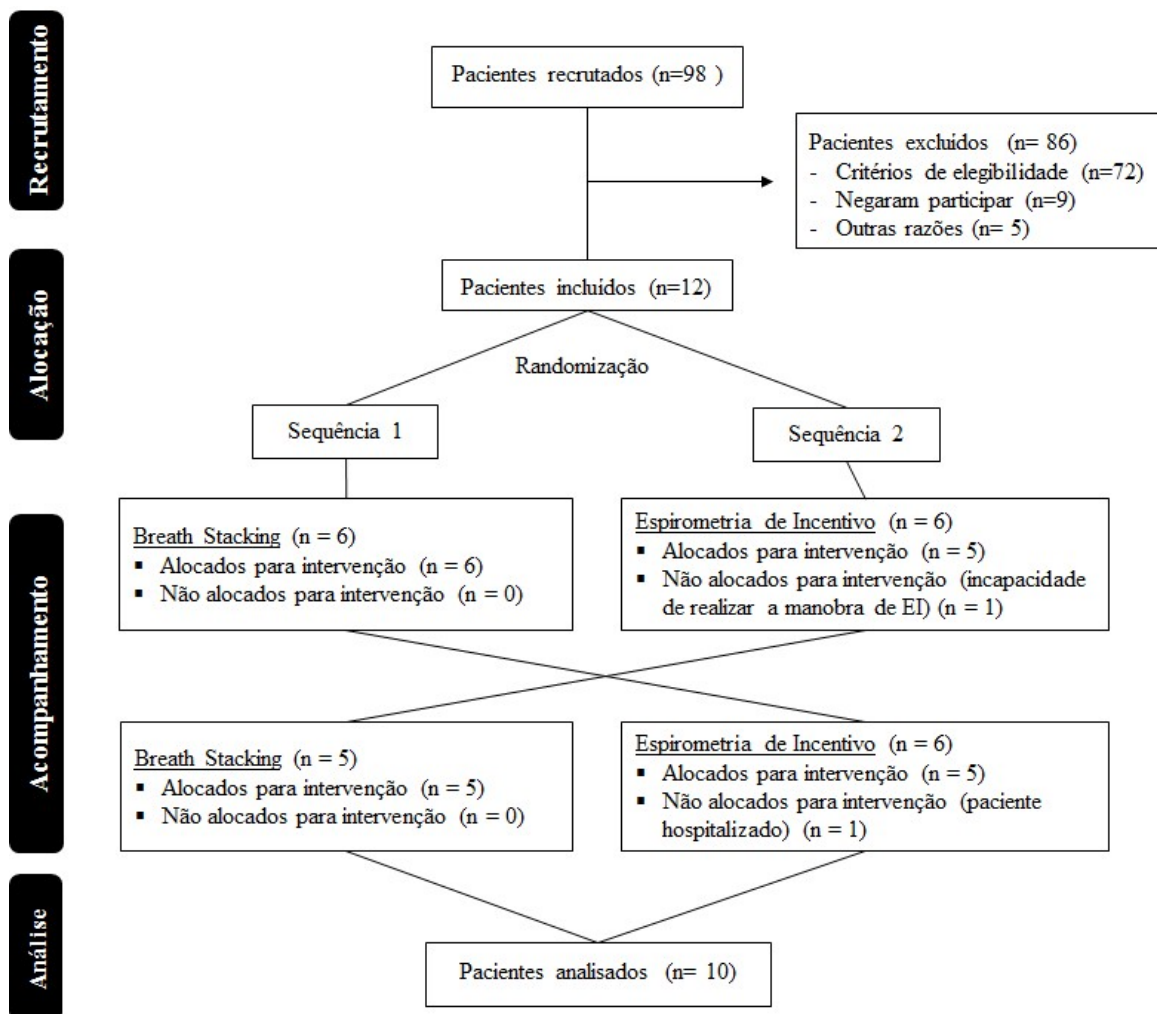


Figura 1. Fluxograma de seleção e acompanhamento dos pacientes do Estudo 1 - baseado no CONSORT.

Estudo 2: ensaio clínico, do tipo crossover, randomizado, com sigilo de alocação e cego, que avaliou os efeitos agudos de um Programa de Alongamento dos Músculos Respiratórios (AMR) sobre o padrão ventilatório e a distribuição de volumes compartimentais em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de AVE (Figura 2).

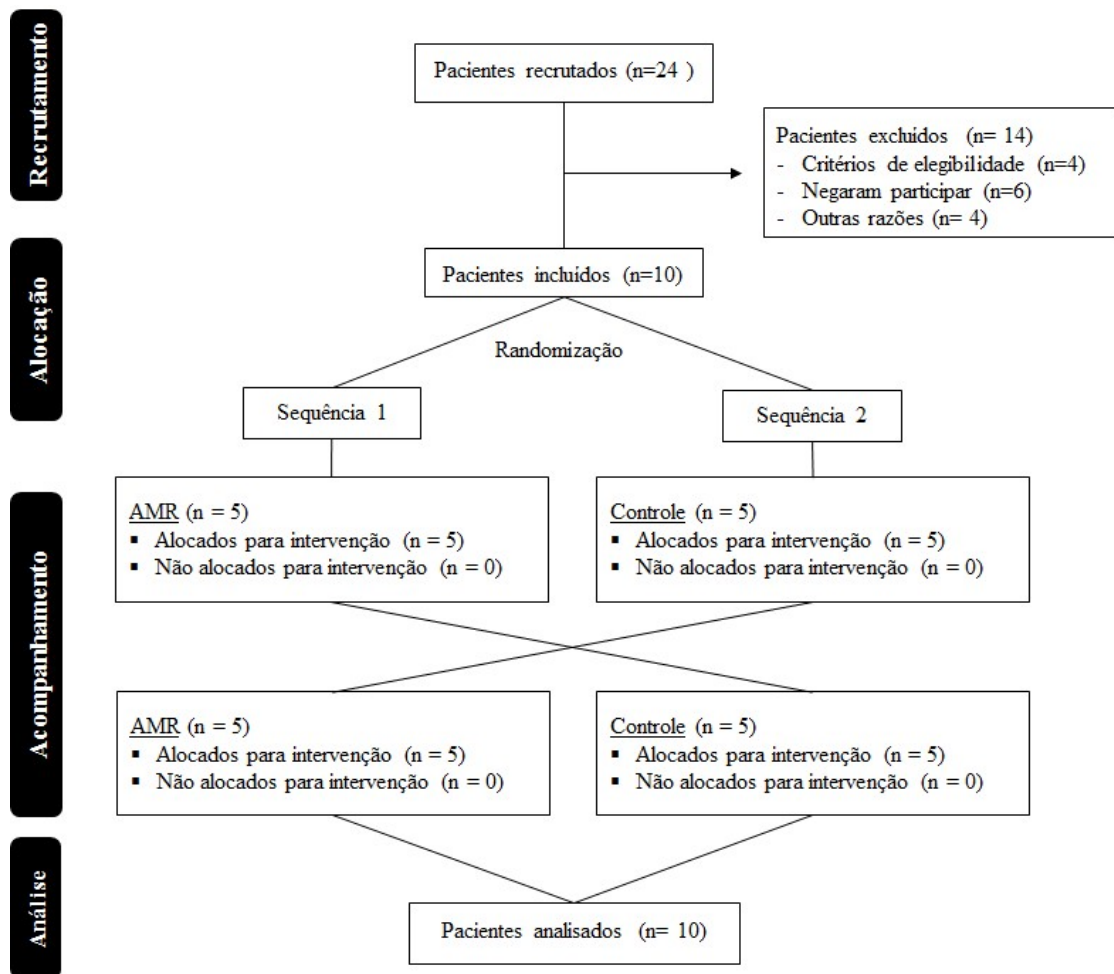


Figura 2. Fluxograma de seleção e acompanhamento dos pacientes do Estudo 2 - baseado no CONSORT.

6.3 População / Amostra

A população de ambos os estudos foi composta por indivíduos com hemiparesia a direita decorrente de AVE, provenientes dos Ambulatórios de Neurologia de Hospitais da Rede do Serviço Único de Saúde (SUS) da cidade do Recife-PE.

Foram incluídos indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de AVE há mais de 3 meses, de ambos os sexos, com idade entre 20 e 60 anos, apresentando pontuação de 1 a 3 para Escala de Ashworth para membros superiores (BOHANNON;

SMITH, 1987), pontuação acima de 85 para Índice de Barthel (SULTER; STEEN, 1999) e pontuação mínima de 18 no Mini Exame do Estado Mental (BERTOLUCCI et al., 1994).

Os voluntários que apresentaram paralisia facial; doenças reumatológicas ou ortopédicas ou deformidades/anormalidades na coluna vertebral que comprometam a mecânica do sistema respiratório; comorbidades respiratórias (asma, doença pulmonar obstrutiva crônica, fibrose cística) ou apresentando espirometria com características de padrão respiratório obstrutivo, i.e., volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁) abaixo de 80% do predito e relação VEF₁/Capacidade vital Forçada $\leq 0,7$; histórico de cirurgia torácica ou abdominal recente; instabilidade hemodinâmica definida como frequência cardíaca maior que 150 batimentos por minutos, ou pressão sistólica menor que 90 mmHg; ou gravidez foram excluídos do estudo.

6.3.1. Cálculo amostral

O cálculo amostral de ambos os estudos foi realizado utilizando um software específico para cálculo amostral de estudo crossover desenvolvido pela MGH Mallinckrodt General Clinical Research Center (Boston, USA), disponível em site na internet (http://hedwig.mgh.harvard.edu/sample_size/size.html).

Estudo 1:

O cálculo amostral do estudo 1 foi realizado a partir de um estudo piloto com 6 voluntários. Foi considerado um nível de significância de 95% ($p < 0,05$), um poder de 80%, um desvio padrão de 0,159 gerado pela média da diferença individual do volume da parede torácica (Vcw) do BS em comparação com a EIV, e uma diferença mínima detectável (DMC) de 0,180 L calculada a partir do erro padrão (SEM) da média da diferença do volume da parede torácica, segundo a fórmula:

$$(1) DMC = 1,96 \times \sqrt{2} \times SEM \therefore 2,77 \times SEM \text{ (WEIR, 2005)}$$

O cálculo amostral foi estimado em nove sujeitos.

Estudo 2:

O cálculo amostral do estudo 2 foi realizado a partir de um estudo piloto com 6 voluntários. Foi considerado um nível de significância de 95% ($p < 0,05$), um poder de 80%, um desvio padrão da média da diferença individual do volume da parede torácica (V_{cw}) gerado pela diferença entre o pós-controle e o pós-AMR = 0,094, e uma diferença mínima detectável (DMC) calculada de 0,107 L. O cálculo amostral foi estimado em nove sujeitos.

6.4 Intervenções

Estudo 1:

Todos os voluntários foram submetidos a dois tipos terapia de expansão pulmonar (TEP): *Breath Stacking* (BS) e Espirometria de Incentivo à volume (EIV); cuja sequência de realização foi randomizada utilizando-se programa de randomização disponível em site na internet (www.randomization.com). A sequência de tratamento foi codificada em sequencia 1 (BS → EIV) e sequencia 2 (EIV → BS), e a alocação foi transferida para uma série de envelopes opacos numerados aos voluntários selecionados para o estudo. Após a primeira intervenção, um período mínimo de 1 e máximo de 7 dias de *washout* foi aguardado, para a segunda intervenção.

A Espirometria de Incentivo (EIV) foi caracterizada pela utilização de um espirômetro de incentivo a volume (Voldyne5000® - Sherwood Medical, St Louis, EUA) (Figura 3). Os voluntários foram orientados a utilizarem um clip nasal e a inspirar profundo e lentamente através do bocal do equipamento a partir da capacidade residual funcional até a capacidade pulmonar total. O indivíduo deveria elevar o êmbolo dentro da câmara do dispositivo na tentativa de atingir uma meta previamente estabelecida pelo valor da CI avaliada através da espirometria, respeitando os limites das marcações “*better*”, “*best*” e “*good*” do aparelho para o fluxo inspiratório, seguida de pausa inspiratória de pelo menos 3 segundos (RESTREPO et al., 2011).



Figura 3 - Espirômetro de incentivo Voldyne5000® com ventilômetro acoplado à válvula inspiratória. (Fonte: Acervo do laboratório)

Para a técnica de *Breath Stacking* (BS) foi utilizada uma máscara siliconada com duas válvulas unidirecionais (ramo inspiratório e ramo expiratório) (Figura 4), a qual foi acoplada à face do voluntário permitindo somente a inspiração, enquanto o ramo expiratório permanecia ocluído para que o indivíduo realizasse apenas esforços inspiratórios sucessivos. O término da manobra foi determinado quando o esforço do sujeito não gerou volume de ar adicional visualizado através do ventilômetro ou quando sinalizado pelo próprio paciente; em seguida o ramo expiratório era liberado permitindo-o expirar livremente (DIAS et al., 2008, 2011).



Figura 4 - Máscara siliconada utilizada para técnica de *Breath Stacking* com ventilômetro acoplado à válvula inspiratória (Fonte: Acervo do laboratório)

Cada técnica foi realizada durante uma série de 5 repetições sequenciais (DIAS et al., 2008), com intervalo de 30 segundos entre cada manobra. Durante a realização de ambas as técnicas, um ventilômetro (Wright Respirometer Mark 8 – FERRARIS, London, England) foi adaptado à válvula inspiratória do espirômetro de incentivo e da máscara siliconada para medir o volume de ar mobilizado durante cada manobra. Essa medição era realizada para certificar a ausência de vazamentos e escapes durante a realização das manobras.

Estudo 2:

Todos os voluntários incluídos neste estudo foram submetidos à dois tipos de intervenção: alongamento dos músculos respiratórios (AMR) e repouso (Controle), cuja sequência de realização foi randomizada através de programa de randomização disponível em site na internet (www.randomization.com). As intervenções foram realizadas em dias diferentes e sua sequência de realização foi codificada em sequência 1 (AMR → Controle) e sequência 2 (Controle → AMR), e transferida para uma série de envelopes opacos numerados aos voluntários selecionados para o estudo. Após o primeiro dia de intervenção, um período mínimo de 1 e máximo de 7 dias de *washout* foi aguardado, para a segunda intervenção.

Os alongamentos dos músculos respiratórios foram realizados através de um protocolo de alongamentos desenvolvidos durante este estudo para pacientes com AVE. Os alongamentos foram adaptados de forma a proporcionar maior participação do paciente com menor compensação postural, dessa forma foram realizados padrões de alongamento ativo-assistidos, os pacientes foram posicionados sentados e foi utilizado o auxílio de um terceiro pesquisador com o objetivo de prevenir compensações posturais.

Os alongamentos foram desenvolvidos da seguinte forma:

- Padrão 1: Alongando o pescoço (Figura 5)

Voluntário posicionado sentado com encosto, coluna ereta, realiza flexão da cabeça para o lado esquerdo com auxílio da mão esquerda, enquanto o terapeuta auxiliou o alongamento deslocando o ombro direito no sentido crânio-caudal. A extensão da cabeça para o lado direito realizou-se com auxílio da mão direita do paciente, respeitando as suas limitações, e com maior participação do terapeuta.

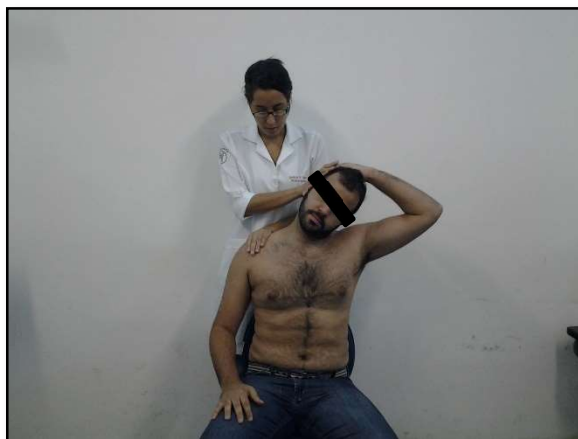


Figura 5 - Padrão 1: Alongando o pescoço (Fonte: Acervo da pesquisa)

- Padrão 2: Alongando a parte superior do tórax (Figura 6)

Voluntário posicionado sentado com encosto, coluna ereta, foi solicitado a entrelaçar os dedos das duas mãos e colocá-las na região superior do tórax. O alongamento foi promovido solicitando ao voluntário puxar para baixo o tórax com as mãos enquanto levantava o queixo expirando lentamente. Nos casos em que não houve a possibilidade de realizar o entrelace dos dedos do voluntário, devido ao grau de espasticidade, o alongamento foi realizado com o terapeuta posicionado atrás do voluntário, entrelaçando os dedos de suas mãos sobre o tórax do voluntário e realizando a deflação da caixa torácica em sincronia com a respiração e a elevação do queixo do mesmo.

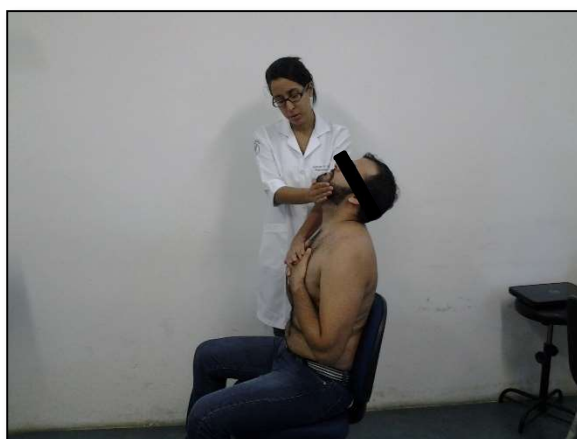


Figura 6 - Padrão 2: Alongando a parte superior do tórax (Fonte: Acervo da pesquisa)•

Padrão 3. Alongando o peitoral maior (Figura 7)

Voluntário posicionado sentado com encosto, com o braço a ser alongado abduzido, o antebraço fletido e a mão na região occipital, o terapeuta apoia uma mão no terço superior do braço e a outra na região lateral do tórax superior, deslocando-a no sentido craniocaudal, seguindo a orientação das fibras musculares. Nos casos de limitação na amplitude articular do ombro direito do voluntário devido à espasticidade ou relato de dor, o alongamento foi realizado com maior participação do terapeuta a fim de chegar à máxima amplitude de movimento confortável ao voluntário.



Figura 7 - Padrão 3. Alongando o peitoral maior (Fonte: Acervo da pesquisa)

• Padrão 4. Alongando a região lateral do tórax (Figura 8)

Voluntário em decúbito dorsal e lateral, posicionado sobre um rolo de espuma em formato de meia lua em região infra-axilar, o antebraço infra lateral flexionado com a mão apoiada na região occipital, o terapeuta realiza com as uma mão a mobilização das costelas nos sentidos craniocaudal e com a outra desloca o braço supralateral do voluntário no sentido de sua abdução do ombro, respeitando as limitações da amplitude articular do mesmo e queixas de dor do voluntário.



Figura 8 - Padrão 4. Alongando a região lateral do tórax (Fonte: Acervo da pesquisa)

Primeiramente, os voluntários foram devidamente esclarecidos quanto aos padrões de alongamento, a partir de uma demonstração realizada pelo terapeuta e foram orientados a realizar expirações lentas com os lábios semicerrados (freio labial) (DA CUNHA et al., 2005) a fim de auxiliar no alargamento do tempo expiratório. Os alongamentos ocorreram durante toda a fase expiratória, buscando levar o músculo ao comprimento máximo, sendo realizadas duas séries de dez incursões consecutivas para cada padrão, com intervalo de 30 segundos entre cada série. Somente o alongamento da região lateral do tórax foi realizado em decúbito lateral, com estiramento da cadeia lateral no momento da inspiração e acompanhamento das costelas durante a expiração (POSTIAUX, 2000).

Para intervenção controle, os voluntários foram posicionados em uma cadeira confortável com encosto permanecendo em repouso por 20 minutos.

6.5 Instrumentos de Avaliação

Os instrumentos de avaliação foram divididos didaticamente em três momentos distintos: 1) Avaliação antropométrica e clínica; 2) Avaliação da função pulmonar e 3) Avaliação dos efeitos e comportamento das intervenções através da Pletismografia Optoeletrônica. No primeiro dia foi sempre realizada avaliação clínica, antropométrica e da função pulmonar. A avaliação das intervenções foi realizada em dois dias diferentes em cada estudo.

6.6 Avaliação Clínica

Inicialmente, em ambos os estudos, os voluntários foram submetidos a uma avaliação clínica que constou de anamnese e avaliação antropométrica: peso e altura através da balança digital com antropômetro (Welmy W300, São Paulo, Brasil) e o índice de massa corpórea (IMC), que foi calculado dividindo-se o peso corporal pela altura elevada ao quadrado (Kg/m^2).

Durante a anamnese foram realizadas as avaliações de competência mental, do tônus dos músculos flexores do punho, cotovelo e ombro do lado direito (parético) e avaliação da independência funcional e mobilidade dos voluntários, dados estes imprescindíveis para a inclusão dos mesmos nos estudos.

6.6.1 Mini Exame do Estado Mental (MEEM)

A avaliação do estado mental e cognitivo dos voluntários foi realizada através a versão brasileira do Mini Exame do Estado Mental (MEEM) (ANEXOIII). O MEEM é composto por 19 questões que avaliam os seguintes domínios: orientação espacial (5 pontos), orientação temporal (5 pontos), memória imediata (3 pontos) e de evocação (3 pontos), cálculo (5 pontos), linguagem-nomeação (2 pontos), repetição (1 ponto), compreensão (4 pontos), escrita e cópia de desenho (2 pontos); em que, ao final da avaliação, o score varia de um mínimo de zero pontos, significando o maior comprometimento cognitivo do indivíduo, até um total máximo de 30 pontos, correspondendo a melhor capacidade cognitiva.

Foi determinada pontuação mínima de 18 para inclusão dos voluntários no estudo (BERTOLUCCI et al., 1994).

6.6.2 Escala Modificada de Ashworth

A avaliação do tônus dos músculos flexores do ombro, cotovelo e punho foi realizada através da Escala Modificada de Ashworth (BOHANNON; SMITH, 1987) (ANEXO IV). A escala avalia o aumento de tônus a partir dos seguintes scores: 0 = sem aumento de tônus, 1 = discreto aumento de tônus ao final do movimento; +1 = discreto aumento de tônus em menos da metade do movimento; 2 = marcante aumento do tônus; 4 = considerável aumento do tônus; 5 rigidez ao movimento.

Os voluntários que obtiveram score zero, quando não apresentavam aumento do tônus muscular, e score máximo de quatro pontos, quando apresentavam rigidez à extensão dos músculos avaliados, foram excluídos do estudo.

6.6.3 Índice de Barthel

O Índice de Barthel foi utilizado para a avaliação da independência funcional e mobilidade dos voluntários, através da avaliação das atividades de vida diária (MINOSSO et al., 2010) (ANEXO V). A versão utilizada avalia a independência funcional em dez atividades: alimentação, banho, vestuário, higiene pessoal, eliminações intestinais, eliminações vesicais, uso do vaso sanitário, passagem cadeira-cama, deambulação e escadas. Cada item é pontuado de acordo com o desempenho do paciente em realizar tarefas de forma independente, com alguma ajuda ou de forma dependente. A pontuação varia de 0 a 100, em intervalos de cinco pontos, e as pontuações mais baixas indicam maior dependência e as mais elevadas indicam maior independência.

Foram incluídos no estudo apenas os voluntários que apresentaram pontuação do Índice de Barthel acima de 85, correspondendo à independência com mínima assistência (SULTER; STEEN, 1999).

6.7 Avaliação da Função Respiratória

A avaliação de função pulmonar constou de espirometria e manovacuometria.

6.7.1 Espirometria

Foi realizada através do espirômetro *Micro Medical Microloop MK8* (Kent, Inglaterra) (Figura 9), no qual foram mensurados: capacidade vital lenta (CVL), capacidade inspiratória (CI), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), capacidade vital forçada (CVF), pico de fluxo expiratório (PFE) e a relação do volume expiratório forçado no primeiro segundo pela capacidade vital forçada (VEF₁/CVF). A espirometria foi realizada com os voluntários na posição sentada, pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores e usando boquilha e clipe nasal. Foram realizadas pelo menos três manobras de capacidade vital forçada (CVF) e de capacidade vital lenta (CVL), de acordo com os critérios de reprodutibilidade e aceitabilidade da *American Thoracic Society-ATS* (MILLER et al., 2005) e as diretrizes para teste da função pulmonar (PEREIRA, 2007), em que foi considerada a variação de 0,2 L entre os testes e a média das três medidas realizadas (MOORE, 2012). Os valores espirométricos foram expressos como média e porcentagem do valor predito normal para a população brasileira (DUARTE; PEREIRA; RODRIGUES, 2006).



Figura 9 - Espirômetro Micromedical Microloop MK8 (Fonte: Acervo do laboratório)

6.7.2 Manovacuometria

Foi utilizado o manovacuômetro digital MV-300 (Globalmed, São Paulo, Brasil) para mensuração da pressão inspiratória ($PI_{\text{máx}}$) e expiratória máxima ($PE_{\text{máx}}$) (Figura 10). Os voluntários foram posicionados sentados, pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores e usando boquilha e clipe nasal e foram orientados para realizarem a manobra de $PI_{\text{máx}}$ a partir do Volume Residual (VR), realizando uma inspiração máxima e sustentada, e a manobra de $PE_{\text{máx}}$ a partir da Capacidade Pulmonar Total (CPT), realizando uma expiração máxima. Foram realizadas um mínimo 5 manobras para cada medida, com intervalos de um minuto entre elas, com reprodutibilidade de 5-10% entre as manobras (NEDER et al., 1999). Para registro dos dados fora adotada a melhor entre as cinco manobras.



Figura 10 – Manovacuômetro Globalmed MVD 300 (Fonte: Acervo do laboratório)

6.8 Avaliação do Padrão Respiratório e da Distribuição de Volume da Parede Torácica

Os voluntários foram encaminhados para análise do padrão respiratório e distribuição do volume da parede torácica através do Pletismógrafo Optoeletrônico (POE - BTS Bioengineering, Milão, Itália) composto de oito câmeras – quatro anteriores e quatro posteriores.

Os voluntários foram posicionados sentados, pés apoiados no chão, joelhos e quadris em 90°, coluna ereta, com os braços apoiados em almofadas posicionadas ao lado do tronco com a finalidade de estabilizar a postura. A partir de então, eram fixados 89 marcadores reflexivos com bioadesivos hipoalérgicos nas faces anterolateral e posterior do tronco em sistema de grade, de acordo com o protocolo de Aliverti e Pedotti (2003) (Figura 11) (ALIVERTI; PEDOTTI, 2003).

Após colocação dos marcadores, era solicitado ao voluntário realizar respiração tranquila, sem falar e sem alterar postura para aquisição das imagens. Cada estudo seguiu um protocolo único e específico de avaliação e processamento dos dados.

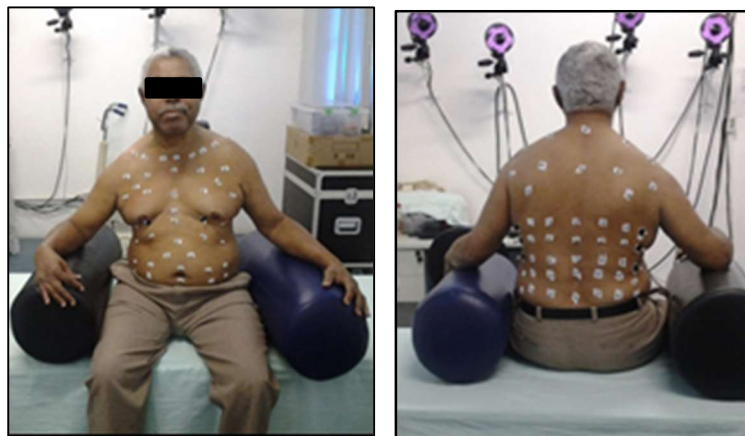


Figura 11 - Disposição geral dos 89 marcadores em um voluntário com hemiplegia à direita decorrente de AVE. Visão anterior e posterior. (Fonte: Acervo da pesquisa)

Estudo 1:

As intervenções foram realizadas em dois dias diferentes, um para cada técnica de TEP (EIV ou BS), com período de *washout* de no mínimo um e no máximo sete dias de acordo com a sequência de randomização. Em cada dia de avaliação, os dados do POE foram gravados em dois momentos:

- 1) durante 180 segundos de respiração tranquila no repouso e em seguida;
- 2) durante 5 manobras de cada TEP, com 30 segundos de intervalo entre as manobras.

Processamento dos dados. A partir da aquisição das imagens, foram analisadas as seguintes variáveis durante a respiração tranquila em repouso e a realização das manobras de TEP: volume dos diferentes compartimentos da parede torácica (Vrcp – caixa torácica pulmonar; Vrca – caixa torácica abdominal; Vab – compartimento abdominal), assim como suas respectivas subdivisões em lado direito (Vrcp,d; Vrca,d e Vab,d) e esquerdo (Vrcp,e; Vrca,e e Vab,e), e volume total da parede torácica (Vcw), calculado como a soma de $Vrcp + Vrca + Vab$.

A assimetria do hemitórax da parede torácica e de seus compartimentos foi determinada a partir da porcentagem de distribuição de volume entre lado direito e esquerdo de cada compartimento, calculada como a razão entre o valor de volume do lado do compartimento e o valor de volume do todo o compartimento analisado.

A partir das variações de V_{cw} foi possível determinar o tempo total do ciclo respiratório durante o repouso e a duração da manobra de TEP (T_{tot}), tempo inspiratório, duração da fase inspiratória de cada manobra (T_{insp}) e o tempo expiratório (T_{exp}) (Figura 2). Foram ainda calculadas a relação T_{insp}/T_{tot} e o fluxo inspiratório médio ($FIM = V_{cw}/T_{insp}$) (BIANCHI et al., 2004). A velocidade média de encurtamento do diafragma (V_{di}) foi calculada como V_{ab}/T_{insp} , de acordo com Aliverti et al (1997, 2002) (ALIVERTI et al., 1997, 2002), a partir da verificação de uma relação V_{rca}/V_{ab} constante.

Para fins de análise das técnicas, foi utilizado a média das 3 maiores manobras realizadas por cada participante.

Estudo 2:

As intervenções foram realizadas em dois dias diferentes, um para o AMR e outro para a intervenção controle, com período de *washout* de no mínimo um e no máximo sete dias de acordo com a sequência de randomização. Em cada dia de avaliação, os dados da POE foram gravados conforme o seguinte protocolo:

1) Pré-intervenção: 180 segundos de gravação da respiração tranquila no repouso (pré-intervenção) e em seguida foi realizada gravação de três manobras de capacidade inspiratória (a partir da capacidade residual funcional até a capacidade pulmonar total), acompanhada de manobra de capacidade vital (a partir da capacidade pulmonar total até o volume de reserva).

2) Pós-intervenção: após a realização do AMR ou do repouso (controle), foi realizado o mesmo protocolo de avaliação do período pré-intervenção.

Processamento dos dados. Foram analisadas as seguintes variáveis durante a respiração tranquila pré e pós-intervenção cada intervenção: volume dos diferentes compartimentos (V_{rcp} – caixa torácica pulmonar; V_{rca} – caixa torácica abdominal; V_{ab} – compartimento abdominal), assim como suas respectivas subdivisões em lado direito ($V_{rcp,d}$; $V_{rca,d}$ e $V_{ab,d}$) e esquerdo ($V_{rcp,e}$; $V_{rca,e}$ e $V_{ab,e}$), e o volume corrente (V_t) como a soma de $V_{rcp} + V_{rca} + V_{ab}$, assim como sua contribuição por hemitórax direito ($V_{t,cw,d}$) e hemitórax esquerdo ($V_{t,cw,e}$).

Para análise do padrão ventilatório foram determinadas as seguintes variáveis a partir das variações de volume da parede torácica (V_{cw}): tempo total do ciclo respiratório (T_{tot}), tempo inspiratório (T_{insp}), tempo expiratório (T_{exp}), a relação

T_{insp}/T_{tot}, frequência respiratória (FR), volume minuto (VM), fluxo inspiratório médio (FIM) e fluxo expiratório médio (FEM).

Os valores de capacidade inspiratória (CI) foram calculados como sendo a diferença entre a média de três valores de volume expiratório-final de três ciclos respiratórios antes da manobra, com exclusão do que precede imediatamente a manobra, e o maior valor do volume inspiratório-final alcançado na manobra de CI. O valor de capacidade vital (CV) foi determinado como a diferença do maior valor de volume inspiratório-final alcançado durante a manobra de CI e o menor valor do volume expiratório-final alcançado durante a manobra de CV até o volume residual. Para fins de análise, foi considerado o maior valor de CI e CV realizado entre as três manobras.

7 RESULTADOS

Atendendo às normas vigentes do Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* em Fisioterapia da UFPE para elaboração da dissertação, este estudo resultou na elaboração de dois artigos originais, apresentados no Apêndice B e C, respectivamente:

ARTIGO 1- *Dinâmica ventilatória e assimetria da caixa torácica durante Breath Stacking e Espirometria de Incentivo em pacientes pós acidente vascular encefálico: um estudo crossover*, que será submetido ao periódico *Chest* (qualis A1 para área 21 da CAPES).

ARTIGO 2- *Alongamento dos músculos respiratórios melhoram a expansão da caixa torácica hemiparética: um ensaio clínico randomizado*, que será submetido ao periódico *Respiratory Care* (qualis A2 para área 21 da CAPES).

Ambos os artigos foram apresentados conforme as normas de submissão do periódico.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como conclusão, o presente estudo mostrou em indivíduos pós-AVE que a técnica de *Breath Stacking* promoveu semelhantes incrementos de volume no sistema respiratório quando comparada à espirometria de incentivo à volume e que o alongamento dos músculos respiratórios pode ser capaz de gerar benefícios agudos para melhorar o desempenho do sistema respiratório desses indivíduos. Sugere-se a realização de estudos futuros que tenha como propósito determinar o efeito a longo prazo da utilização da técnica de *Breath Stacking*, Espirometria de Incentivo e do Alongamento dos Músculos Respiratórios em desfechos clínicos, na tentativa de tornar as intervenções da fisioterapia respiratória integrantes do programa de reabilitação de indivíduos pós-AVE.

REFERÊNCIAS

- ALIVERTI, A. et al. Human respiratory muscle actions and control during exercise. **Journal of applied physiology**, v. 83, n. 4, p. 1256–69, 1997.
- ALIVERTI, A. et al. Respiratory muscle dynamics and control during exercise with externally imposed expiratory flow limitation. **Journal of applied physiology**, v. 92, n. 5, p. 1953–63, 2002.
- ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. Opto-electronic plethysmography. **Monaldi archives for chest disease**, v. 59, n. 1, p. 12–6, 2003.
- ANNONI, J. M.; ACKERMANN, D.; KESSELRING, J. Respiratory function in chronic hemiplegia. **International disability studies**, v. 12, n. 2, p. 78–80, 1990.
- BACH, J. R. et al. Lung inflation by glossopharyngeal breathing and “air stacking” in Duchenne muscular dystrophy. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 86, n. 4, p. 295–300, 2007.
- BAKER, W. L.; LAMB, V. J.; MARINI, J. J. Breath-stacking Increases the Depth and Duration of Chest Expansion by Incentive Spirometry. **Am Rev Respir Dis**, v. 141, p. 343–346, 1990.
- BERTOLUCCI, P. H. F. et al. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 52, n. 1, p. 01–07, 1994.
- BIANCHI, R. et al. Chest wall kinematics and breathlessness during pursed-lip breathing in patients with COPD. **Chest**, v. 125, n. 2, p. 459–65, 2004.
- BILLINGER, S. A. et al. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations. **Stroke research and treatment**, v. 2012, p. 959120, 2012.
- BOHANNON, R. W.; SMITH, M. B. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. **Physical therapy**, v. 67, n. 2, p. 206–7, 1987.
- BRANDÃO, D. C. et al. Chest wall regional volume in heart failure patients during inspiratory loaded breathing. **Respiratory physiology & neurobiology**, v. 180, n. 2-3, p. 269–74, 2012.
- BRASIL. Saúde abre consulta pública sobre assistência a pacientes com AVC — Portal Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2010/10/saude-abre-consulta-publica-sobre-assistencia-a-pacientes-com-avc>>. 2010.
- BRITO, M. et al. Empilhamento de ar e compressão torácica aumentam o pico de fluxo da tosse em pacientes com distrofia muscular de Duchenne. **J Bras Pneumol**, v. 35, n. 10, p. 973–979, 2009.

BRITTO, R. R. et al. Inspiratory muscular training in chronic stroke survivors: a randomized controlled trial. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 92, n. 2, p. 184–90, 2011.

CARDOSO, S.; PEREIRA, J. Análise da função respiratória na doença de Parkinson. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 60, n. 1, p. 91–95, 2002.

CARVALHO, C. R. F.; PAISANI, D. M.; LUNARDI, A. C. Incentive spirometry in major surgeries: a systematic review. **Revista brasileira de fisioterapia (São Carlos (São Paulo, Brazil))**, v. 15, n. 5, p. 343–50, 2011.

CATTANO, D. et al. Preoperative use of incentive spirometry does not affect postoperative lung function in bariatric surgery. **Translational research : the journal of laboratory and clinical medicine**, v. 156, n. 5, p. 265–72, 2010.

COHEN, E. et al. Diaphragmatic movement in hemiplegic patients measured by ultrasonography. **Thorax**, v. 49, n. 9, p. 890–5, 1994.

DA CUNHA, A. P. N. et al. Efeito do Alongamento sobre a Atividade dos Músculos Inspiratórios na DPOC. **Saúde em Revista**, v. 1, p. 13–19, 2005.

DATASUS. Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório: Óbitos por doenças cerebrovasculares, Período: 2011. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?idb2012/c08.def>. Acesso em: 04 Jan 2014.

DE ALMEIDA, I. C. L. et al. Effects of hemiplegia on pulmonary function and diaphragmatic dome displacement. **Respiratory physiology & neurobiology**, v. 178, n. 2, p. 196–201, 2011.

DIAS, C. M. et al. Inspirometria de incentivo e breath stacking : repercussões sobre a capacidade inspiratória em indivíduos submetidos à cirurgia abdominal. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 12, n. 2, p. 94–99, 2008.

DIAS, C. M. et al. Três protocolos fisioterapêuticos: Efeitos sobre os volumes pulmonares após cirurgia cardíaca. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 37, n. 1, p. 54–60, 2011.

DUARTE, A. A. DE O.; PEREIRA, C. A. DE C.; RODRIGUES, S. C. S. Validação de novos valores previstos brasileiros para a espirometria forçada na raça branca e comparação com os valores previstos obtidos por outras equações de referência. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. 5, p. 527–535, 2006.

FARIAS, N.; BUCHALLA, C. A classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde da organização mundial da saúde: conceitos, usos e perspectivas. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 8, n. 2, p. 187–193, 2005.

FEIGIN, V. L. et al. Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. **Lancet Neurology**, v. 8, n. 4, p. 355–69, 2009.

FERNANDES, F. E.; MARTINS, S. R. G.; BONVENT, J. J. Efeito do Treinamento Muscular Respiratório por Meio do Manovacuômetro e do Threshold Pep em Pacientes Hemiparéticos Hospitalizados. **IFMBE Proceedings**, v. 18, p. 1199–1202, 2007.

FREITAS, E. R. F. S. et al. Incentive spirometry for preventing pulmonary complications after coronary artery bypass graft. **The Cochrane database of systematic reviews**, v. 9, p. CD004466, 2012.

GARRITANO, C. R. et al. Análise da Tendência da Mortalidade por Acidente Vascular Cerebral no Brasil no Século XXI. **Arq Bras Cardiol**, v. 98, n. 6, p. 519–527, 2012.

GLADER, E.-L.; STEGMAYR, B.; ASPLUND, K. Poststroke Fatigue: A 2-Year Follow-Up Study of Stroke Patients in Sweden. **Stroke**, v. 33, n. 5, p. 1327–1333, 2002.

GORDON, N. F. et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. **Circulation**, v. 109, n. 16, p. 2031–41, 2004.

ITO, M. et al. Immediate Effect of Respiratory Muscle Stretch Gymnastics and Diaphragmatic Breathing on Respiratory Pattern. **Internal Medicine**, v. 38, n. 2, p. 1–5, 1999.

KATALINIC, O. M.; HARVEY, L. A; HERBERT, R. D. Effectiveness of stretch for the treatment and prevention of contractures in people with neurological conditions: a systematic review. **Physical therapy**, v. 91, n. 1, p. 11–24, 2011.

KENYON, C. M. et al. Rib cage mechanics during quiet breathing and exercise in humans. **Journal of applied physiology**, v. 83, n. 4, p. 1242–55, 1997.

KHEDR, E. M. et al. Assessment of corticodiaphragmatic pathway and pulmonary function in acute ischemic stroke patients. **European journal of neurology**, v. 7, n. 5, p. 509–16, 2000.

LANINI, B. et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 168, n. 1, p. 109–13, 2003.

LEELARUNGRAYUB, D. Chest Mobilization Techniques for Improving Ventilation and Gas Exchange in Chronic Lung Disease. **Chronic Obstructive Pulmonary Disease - Current Concepts and Practice**, , n. 20, p. 399 – 423, 2012.

LEELARUNGRAYUB, D. et al. Acute clinical benefits of chest wall-stretching exercise on expired tidal volume, dyspnea and chest expansion in a patient with chronic obstructive pulmonary disease: a single case study. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 13, n. 4, p. 338–43, 2009.

LIMA, I. N. et al. Acute effects of volume-oriented incentive spirometry on chest wall volumes in patients after stroke. **Respiratory care**, 2013.

LUNARDI, A. C. et al. Comparison of distinct incentive spirometers on chest wall volumes, inspiratory muscular activity and thoracoabdominal synchrony in the elderly. **Respiratory care**, v. August, n. Paper in press, 2013.

MARCUCCI, F. et al. Alterações eletromiográficas dos músculos do tronco de pacientes com hemiparesia após acidente vascular encefálico. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 65, n. 3-B, p. 900–905, 2007.

MARINI, J. J.; SMITH, T. C.; LAMB, V. Estimation of Inspiratory Muscle Strength in Mechanically Ventilated Patients: The Measurement of Maximal Inspiratory Pressure. **Journal of Critical Care**, v. 1, n. 1, p. 32–38, 1986.

MCKIM, D. A. et al. Lung volume recruitment slows pulmonary function decline in Duchenne muscular dystrophy. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 93, n. 7, p. 1117–22, 2012.

MILLER, M. R. et al. General considerations for lung function testing. **The European respiratory journal**, v. 26, n. 1, p. 153–61, 2005.

MILLER, M. R. How to interpret spirometry. **Breathe**, v. 4, n. 3, p. 259-261, 2008.

MINOGUCHI, H. et al. Cross-over comparison between respiratory muscle stretch gymnastics and inspiratory muscle training. **Internal medicine (Tokyo, Japan)**, v. 41, n. 10, p. 805–12, 2002.

MINOSSO, J. S. M. et al. Validação , no Brasil , do Índice de Barthel em idosos atendidos em ambulatorios. **Acta Paul Enferm**, v. 23, n. 2, p. 218–223, 2010.

MOORE, V. C. Spirometry: step by step. **Breathe**, v. 8, n. 3, p. 232–240, 2012.

NEDER, J. A. et al. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Brazilian journal of medical and biological research**, v. 32, n. 6, p. 719–27, 1999.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Manual STEPS de Acidentes Vascular Cerebrais da OMS: enfoque passo a passo para a vigilância de acidentes vascular cerebrais. **Genebra, Organização Mundial de Saúde.**, p. 1–121, 2006.

OVANDO, A. C. et al. Avaliação da aptidão cardiopulmonar em indivíduos com hemiparesia após acidente vascular encefálico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 96, n. 2, p. 140–147, 2011.

PAISANI, D. D. M. et al. Volume rather than flow incentive spirometry is effective in improving chest wall expansion and abdominal displacement using optoelectronic plethysmography. **Respiratory care**, v. 58, n. 8, p. 1360–6, 2013.

PANITCH, H. B. Airway clearance in children with neuromuscular weakness. **Current opinion in pediatrics**, v. 18, n. 3, p. 277–81, 2006.

PARREIRA, V. F. et al. Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. **Brazilian journal of medical and biological**, v. 38, n. 7, p. 1105–12, 2005.

PARREIRA, V. F.; GUEDES, L.; QUINTÃO, D. Padrão respiratório em pacientes portadores da doença de Parkinson e em idosos assintomáticos. **Acta Fisiátrica**, v. 23, n. 31, p. 3–8, 2003.

PARREIRA, V. et al. Pletismografia optoeletrônica: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 16, n. 6, 2012.

PATEL, M. D. et al. Relationships between long-term stroke disability, handicap and health-related quality of life. **Age and ageing**, v. 35, n. 3, p. 273–9, 2006.

PEREIRA, C. A. DE C. Espirometria. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 28, n. Supl 3, p. 1–82, 2002.

POSTIAUX, G. Les techniques inspiratoires lentes pour l'épuration des voies aériennes périphériques. **Rev Mal Respir**, v. d, p. 1–4, 2000.

PUTT, M. T. et al. Muscle stretching technique increases vital capacity and range of motion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 89, n. 6, p. 1103–7, 2008.

RESTREPO, R. D. et al. Incentive spirometry: 2011. **Respiratory care**, v. 56, n. 10, p. 1600–4, 2011.

ROMAGNOLI, I. et al. Optoelectronic Plethysmography has Improved our Knowledge of Respiratory Physiology and Pathophysiology. **Sensors**, v. 8, n. 12, p. 7951–7972, 2008.

SCALZO, P. et al. Qualidade de vida em pacientes com Acidente Vascular Cerebral: clínica de fisioterapia. **Rev Neurocienc**, v. 18, n. 2, p. 139–144, 2010.

STRICKLAND, S. L. et al. AARC Clinical Practice Guideline: Effectiveness of Nonpharmacologic Airway Clearance Therapies in Hospitalized Patients. **Respiratory care**, v. 58, n. 12, p. 2187–93, 2013.

SULTER, G.; STEEN, C. Use of the Barthel Index and Modified Rankin Scale in Acute Stroke Trials. **Stroke**, v. 30, n. 8, p. 1538–1541, 1999.

TEIXEIRA-SALMELA, L. F. et al. Respiratory pressures and thoracoabdominal motion in community-dwelling chronic stroke survivors. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 86, n. 10, p. 1974–8, 2005.

TOMICH, G. M. et al. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. **Brazilian journal of medical and biological**, v. 40, n. 10, p. 1409–17, 2007.

TOUSSAINT, M. et al. Limits of effective cough-augmentation techniques in patients with neuromuscular disease. **Respiratory care**, v. 54, n. 3, p. 359–66, 2009.

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of strength and conditioning research**, v. 19, n. 1, p. 231–40, 2005.

YAMAGUTI, W. P. DOS S. et al. Mobilidade diafragmática durante espirometria de incentivo orientada a fluxo e a volume em indivíduos saudáveis. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 36, n. 6, p. 738–745, 2010.

APÊNDICE A



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Esclarecimentos

Este é um convite para você participar da pesquisa **“AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES RESPIRATÓRIAS E EFEITOS DE TÉCNICAS TERAPÊUTICAS SOB O SISTEMA RESPIRATÓRIO EM INDIVÍDUOS COM HEMIPARESIA DECORRENTE DE ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO (AVE)”** que é coordenada pelo pesquisador **CATARINA RATTES**.

Sua participação é voluntária, o que significa que você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade.

Essa pesquisa procura **avaliar as alterações respiratórias e os efeitos das técnicas de *Breath Stacking***, da **Inspirometria de Incentivo** e do **Alongamento muscular respiratório** sobre a **distribuição de ventilação pulmonar, de volumes compartimentais e mobilidade diafragmática em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de Acidente Vascular Encefálico (AVE)**. Caso decida aceitar o convite, você será submetido(a) ao(s) seguinte(s) procedimentos: **Teste de função pulmonar, medidas antropométricas, avaliação da ventilação pulmonar regional, avaliação da distribuição de volume tricompartimental da caixa torácica, realização de técnicas de expansão pulmonar: espirometria de incentivo e *breath stacking* (empilhamento da respiração) e um Programa de Alongamento dos Músculos Respiratórios**.

Os riscos envolvidos com sua participação são: **inconveniência e constrangimento pela necessidade de despir a parte superior do tronco (tirar camisa, camiseta ou vestido) para avaliação através da Pletismografia Optoeletrônica e Tomografia de Impedância Elétrica e desconforto na região da face pela pressão causada pela fixação da máscara pra a técnica de *breath stacking***, que serão minimizados através das seguintes providências: **participação de equipe qualificada e o mínimo de exposição do paciente, adequação da máscara à face do paciente, e caso for necessário, interrupção ou suspensão do procedimento**.

Você terá os seguintes benefícios ao participar da pesquisa: **melhora da sensação de cansaço respiratório e dispneia após as técnicas de expansão pulmonar com consequente melhora das trocas gasosas e prevenção de atelectasias, flexibilização da caixa torácica após o alongamento dos músculos respiratórios, auxílio na ampliação do conhecimento sobre métodos de avaliação das alterações respiratórias e adequação das técnicas terapêuticas e preventivas a fim de melhorar a qualidade de sobrevivência de pessoas que possuem o mesmo diagnóstico que o seu**.

Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados coletados estarão sob a responsabilidade da pesquisadora responsável Catarina Rattes e serão arquivados em papel e meio digital (computador pessoal) até 5 anos de realização da pesquisa, guardados no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (endereço abaixo). A divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários.

Sua participação na pesquisa não trará qualquer tipo de ônus ou despesas.

Você ficará com uma cópia deste Termo e toda a dúvida que você tiver a respeito desta pesquisa, poderá perguntar diretamente para **Catarina Rattes, Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rêgo, 1235 – Cidade Universitária – Recife-PE, CEP: 50740-600 ou pelo telefone (81) 2126-8496 e (81) 92087100 (inclusive ligações à cobra).**

Dúvidas a respeito da ética dessa pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa (Av. da Engenharia s/n – 1º Andar, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600 ou pelo telefone (81) 2126-8588.

Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa **“AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES RESPIRATÓRIAS E EFEITOS DE TÉCNICAS TERAPÊUTICAS SOB O SISTEMA RESPIRATÓRIO EM INDIVÍDUOS COM HEMIPARESIA DECORRENTE DE ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO (AVE)”**.

Participante da pesquisa:

Nome:

Assinatura:

Pesquisador responsável

Nome: Catarina Rattes

Email: catarina_rattes@hotmail.com

Assinatura:

Testemunha 1:

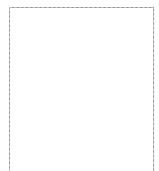
Nome: _____

Assinatura: _____

Testemunha 2:

Nome: _____

Assinatura: _____



APÊNDICE B

ARTIGO 2 – BREATHING PATTERN AND CHEST WALL KINEMATICS DURING BREATH STACKING AND INCENTIVE SPIROMETRY IN PATIENTS AFTER STROKE: A RANDOMIZED CROSSOVER TRIAL.

A SER SUBMETIDO AO PERIÓDICO:

CHEST

**BREATHING PATTERN AND CHEST WALL KINEMATICS DURING
BREATH STACKING AND INCENTIVE SPIROMETRY IN PATIENTS AFTER
STROKE: A RANDOMIZED CROSSOVER TRIAL**

Catarina Rattes MSc¹, Shirley Campos PhD¹, Caio Morais MSc¹, Thiago Gonçalves
PT¹, Jacqueline Barcelar MSc¹, Helga Muniz MSc¹, Guilherme Fregonezi PhD²; Andrea
Aliverti PhD³, Armèle Dornelas de Andrade PhD¹

1 Universidade Federal de Pernambuco – Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar
– Recife – Brazil.

2 Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Fisioterapia – Natal
– Brazil.

3 Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano,
Milano, Italy.

Corresponding author:

armedornelas@yahoo.com

Universidade Federal de Pernambuco

Physiotherapy Department

Av. Jorn. Anibal Fernandes, s/n. Cidade Universitária

CEP: 50740 - 560 - Recife – PE (BRA)

ABSTRACT

Background: Individuals post-stroke may present restrictive ventilatory pattern due to changes in respiratory system. Volume-oriented incentive spirometry (VIS) and the technique of Breath Stacking (BS) are possible interventions based on maximum inspiratory efforts for lung expansion. The aim of this study was to evaluate the effect of ISV and BS on ventilatory dynamics and asymmetry of the rib cage in post-stroke individuals.

Methods: Twelve volunteers with right hemiparesis post-stroke, mean age of 61 ± 6.1 years, were underwent evaluation of ventilatory dynamics and compartmental distribution of the volume of the chest wall through Optoelectronic Plethysmography during quiet breathing at rest and during five maneuvers of each technique.

Results: Both techniques increase the volume of the chest wall when compared to the basal respiration ($p = .002$), but were not differences between the BS and VIS. VIS showed significant asymmetry in the expansion of right side (paretic; $V_{rcp,r}$) and (non-paretic; $V_{rcp,l}$) and left side rib cage pulmonary, with a greater contribution of volume of the left side ($V_{rcp,r} = 45\% \times V_{rcp,l} = 55\%$, $p = .01$). BS had a higher inspiratory time ($p = .04$), less mean inspiratory flow ($p = .004$) and lower diaphragm mean shortening velocity ($p = .02$).

Conclusion: The BS technique in patients with right hemiplegia post-stroke may be more beneficial to allow adaptation of the diaphragm, minor asymmetry of the rib cage and optimizing the performance of the respiratory system during lung expansion compared to the VIS.

Keywords: stroke, incentive spirometry, breath stacking, Optoelectronic Plethysmography.

Introduction

The respiratory system functionality post-stroke could be compromised with the presence of a restrictive ventilatory pattern due to the reduction in the pulmonary volumes and capacities, reduction in diaphragm muscle activity and the restricted mobility and asymmetry in the chest wall displacement ¹⁻³.

Therapeutics approaches to prevent or treat restrictive ventilatory pattern aims to increase pulmonary volume, encouraging patients through a selective ventilator pattern or using an auxiliary device capable to control pressure, volume or flow of the respiratory system ⁴⁻⁶. In this context, volume-oriented incentive spirometry (VIS) have been used in patients post-stroke⁷ aiming to encourage them to collaborate to perform a deep inspiration and argument the pulmonary ventilation to less ventilated areas ⁸.

However, changes in the respiratory mechanics due to chest wall restriction and the diaphragm paresis post-stroke may require a high energetic cost to achieve the maximal pulmonary capacity through a single maximal effort using the IS ^{1,9}. On the other hand, the *Breath Stacking* (BS) technique allows the patient to argument volume through successive slowly inspirations with phasic relaxation of the respiratory muscles between inspiratory efforts ¹⁰. Thus, it provides a long duration of the expansion and less mechanical disadvantage to the respiratory system. Although both techniques, BS and IS, are based upon maximal inspiratory efforts to pulmonary expansion, some studies demonstrated superior effects to generate and support volume through BS technique in patients less cooperative or presenting any discomfort sensation ^{11,12}.

Considering the need to expand the possible interventions capable to minimizing the repercussions cause by stroke in the respiratory system², the aim of this study was to compare the effects from pulmonary expansion techniques, VIS and BS on the pulmonary volumes,

ventilator pattern and diaphragm mean shortening velocity in patients with right hemiplegia post-stroke. We tested the following hypothesis:

- (1) BS and IS provide similarly volume increase in the respiratory system;
- (2) During BS and IS, right hemithorax (paretic side) presents less contribution in the chest wall volume in comparison to the left hemithorax (non-paretic side);
- (3) There are differences in respiratory pattern between BS and IS technique.

Methods

Study design and participants

It was a randomized crossover trial including subjects with right hemiparesis post-stroke, selected by convenience from different public health services in Recife city. This protocol was approved by Human Ethics Committee and all participants gave written informed consent after fully information about the protocol.

Inclusion and exclusion criteria

Inclusion criteria considered as follows: subjects with right hemiparesis post-stroke at least 3 months, from both sexes, age above 20 years, presenting score between 1 and 3 in the Ashworth Scale to the upper limb, punctuation above 85 according to Barthel Index ¹⁴ and a minimum score of 18 in the Mini Mental State Examination ¹⁵.

As exclusion criteria this study protocol considered: presence of facial paralysis, presence of rheumatologic and orthopedic diseases, presence of spine deformities or abnormalities, any respiratory disease (asthma, chronic pulmonary obstructive disease, cystic fibrosis) or spirometry with forced expiratory volume in the first second (FEV₁) below 80% from the predicted values and the index between VEF₁ and forced vital capacity (FVC) $\leq .7$, history of recent thoracic or abdominal surgery, hemodynamic instability or pregnancy.

Procedures

All volunteers were undergone to two types of pulmonary expansion therapy (PET) techniques: VIS and BS. The sequence of techniques performance was randomly using a computer program available on the internet (www.randomization.com) and coded in sequence 1 (BS $\rightarrow$ VIS) e sequence 2 (VIS $\rightarrow$ BS). Thus, allocation concealment was provided transferring the sequence described above to a series of envelopes numbered with the volunteers selected to this study.

Procedures involved two distinct phases: assessment and intervention. In the first day was performed assessment of the participants to obtain the following data: anamnesis, initial evaluation using the Ashworth Scale, Barthel Index and Mini Mental State Examination, anthropometric data and pulmonary function using spirometry and respiratory muscle pressures.

Intervention phase was performed in two different days, each day for only one PET techniques (VIS or BS), with a minimal wash-out period of one day according to the randomization sequence. Optoelectronic Plethysmography (OEP) was recorded during quite breathing at rest and during the execution of five maneuvers form each PET technique tested.

Anthropometry. We obtained values of weight and height through a digital balance with anthropometer (Welmy W300, São Paulo, Brazil) to calculate the body mass index (BMI).

Spirometry. The spirometry was performed using the spirometer (Micro Medical Microloop MK8, Kent, England), which measured the following data: slowly vital capacity (VC), inspiratory capacity (IC), forced expired volume in the first second (FEV₁), forced vital capacity (FVC), FEV₁ / FVC index and peak expiratory flow (PEF). Mean average of measurements were expressed as absolute values and the percentage of the predicted values to

the Brazilian population ¹⁶. The assessment was performed according to statements for pulmonary function test ¹⁷ and using reproducibility and acceptability according to the American Thoracic Society - ATS ^{18,19}.

Respiratory muscles pressures. The respiratory muscles pressures assessment was performed through a digital manovacuometer (MV-300, Globalmed, São Paulo, Brazil). Maximal inspiratory pressure (MIP) was measured from the residual volume and the maximal expiratory pressure (MEP) from the total pulmonary capacity ²⁰. The subjects assessment was considered completed when they performed three reproducible and acceptable maneuvers, considering the best value recorded ²⁰. Mean average were expressed as absolute values and percentage from the predicted values to the Brazilian population ²¹.

Optoelectronic Plethysmography. The analysis of chest wall volume variation in different compartments was performed by OEP (BTS Bioengineering, Milan, Italy) consisting of 8 cameras – 4 positioned in front of the thorax and 4 positioned in the subject's back. According to Aliverti e Pedotti (2003)²², we used 89 reflexives markers fixed using hypoallergenic adhesives in the antero-lateral and posterior sides of the trunk using a grid system to capture and create a tridimensional model of the chest wall.

Data obtained from OEP were recorded in each intervention day for an initial period of 180 seconds of quiet breathing at rest and after, during 5 maneuvers of each technique of PET. The volunteers were positioned sitting, feet supported on the floor, knees and hips in 90°, trunk straight with arms supported using cushions positioned next to the trunk aiming to make the posture stabilize and oriented to keep themselves without speaking or alter the posture during the images acquisition.

The volume in different compartments (V_{rcp} – pulmonary rib cage; V_{rca} – abdominal rib cage; V_{ab} – abdominal compartment), and its respective subdivisions in right side ($V_{rcp,r}$; $V_{rca,r}$ e $V_{ab,r}$) and in the left ($V_{rcp,l}$; $V_{rca,l}$ e $V_{ab,l}$) were determined by the difference between the end-expiratory volume and the end-inspiratory volume in each compartment. The total volume from the chest wall (V_{cw}) was calculated as the sum $V_{rcp} + V_{rca} + V_{ab}$.

The asymmetry of the compartments was evaluated as the percentage of volume distribution between the right and left sides for each compartment and it was calculated as the ratio between the volume of the compartment side and the volume of all compartment analyzed.

The variation of V_{cw} during breathing at rest and the PET was used to determinate the total time of the total time at rest and during PET maneuvers (T_{tot}), inspiratory time, duration of inspiratory phase from each maneuver (T_{insp}) and expiratory time (T_{exp}) as shown in figure 2. We also calculated T_{insp}/T_{tot} ratio and the mean inspiratory flow ($MIF = V_{cw}/T_{insp}$)²³. The diaphragm mean shortening velocity (V_{di}) was calculated as V_{ab}/T_{insp} ratio, according to Aliverti et al (1997, 2002)^{24,25} considering the verification of the constant V_{rca}/V_{ab} ratio.

We considered for technical analysis the average between three maneuvers for each participant.

Interventions. The VIS was characterized by the use of a volume-oriented incentive spirometer (*Voldyne5000®* - Sherwood Medical, St Louis, USA) and volunteers were oriented to breathe deeply and slowly through the mouthpiece from the residual capacity till the total pulmonary capacity using a nasal clip. During the VIS subjects should raise the piston presented into the device attempting to achieve the established target, followed by an inspiratory pause at least three seconds⁸.

For the BS technique was used facemask with two unidirectional valves (inspiratory and expiratory limbs), which was attached the patient's face to allow only inspiration, while the expiratory limb was kept occluded to provide only successive inspiratory efforts. The end of the maneuver was determined when patient's effort did not generate additional air volume observed through the ventilometer or when signaled by the own patient. After, the expiratory limb was released to allow the exhalation by the patients ^{11,12}.

During the performance of both techniques, a ventilometer (Wright Respirometer Mark 8 – FERRARIS, London, England) was adapted to the inspiratory valve of the VIS and the facemask of the BS to measure the air volume mobilized during each maneuver. This measurement was performed to certify the absence of leaks during maneuvers.

All subjects were oriented to perform five repetitions of each technique, with an interval of 30 seconds between measurements ¹¹.

Statistical analysis

The sample size was calculated using the software developed by MGH Mallinckrodt General Clinical Research Center (Boston, USA). For the calculation we considered the mean standard deviation obtained from the individual difference of Vcw generated during the techniques of BS and VIS = .159, the minimal detectable difference calculated from the mean standard error (MSE) between the difference of Vcw was .180 L, with a power of 80% and considering a significant two-tailed level of $p = .05$. For this reason, the sample size calculation was estimated in 9 subjects.

The statistical analysis was performed using the statistical programs Graphpad Prisma® version 4.0 and SPSS for Windows, version 20.0 – Statistical Package for the Social Science. Data were expressed as mean and standard deviation. For determine intra-interventions difference to compare quiet breathing with interventions was used the Wilcoxon Test. For

comparisons between interventions was used Mann-Whitney Test, considering a significance level of $p < .05$.

Results

Twelve individuals with right hemiplegia post-stroke, but only 10 completed this study protocol: one was hospitalized due to renal dysfunction and another one demonstrated the inadequate use of the VIS device, as shown in figure 1. Table 1 presents the anthropometric, clinical and pulmonary function characteristics of the studied sample.

Differences in increments of chest wall and its compartments between BS and VIS techniques

During the techniques execution we observed a significant increase in volume of Vcw, Vrcp, Vrca e Vab ($p = .002$; $p = .002$; $p = .002$; $p = .002$; respectively) when compared to quiet breathing. No difference was found between both techniques regarding the volume variation of Vcw and its compartments assessed.

We did not observe significant difference when analyzing the respiratory variables between quiet breathing at rest and both techniques, as shown in table 2.

Differences between right hemithorax (paretic side) and left hemithorax (non-paretic side) during BS and VIS techniques

Comparing the right hemithorax (paretic) to the left hemithorax (non-paretic), both techniques demonstrated a significant increase of volume and all compartments analyzed, but without differences regarding to volume variation between BS and VIS (table 2).

When compared the percentage of volume distribution between the paretic and non-paretic sides of Vcw, Vrcp, Vrca e Vab, there was no difference during quiet breathing at rest

between the right and left side in both techniques. Though we observed that VIS technique reached a significant asymmetry during the chest wall expansion ($V_{rcp,r} = 45\% \times V_{rcp,l} = 55\%$; $p=.01$), with more volume contribution in the left non-paretic side (Figure 3). BS technique did not trigger a significant asymmetry volume distribution between the right and left sides in the analyzed compartments.

Ventilatory pattern between BS and VIS techniques

We found that both techniques promoted a significant rise in the total time, inspiratory time, expiratory time and T_{insp}/T_{tot} ratio (Table 2). Thus, total time and inspiratory time during BS was 5.9 seconds higher than compared to VIS ($p=.03$ and $p=.02$, respectively).

The BS technique achieved a value of MIF less significant in comparison to the basal value of MIF ($p=.002$) and during VIS (.004), considering that the last one remained constant when compared to basal value, as presented in table 2.

We did not find variation in the V_{rca}/V_{ab} ratio during quiet breathing and both techniques (Figure 4), allowing calculating the V_{di} through V_{ab}/T_{ins} for each moment analyzed, as shown in figure 5. The variable V_{di} was less significant during BS in comparison to quiet breathing at rest ($p=.004$) and during VIS ($p=.02$). None significant difference was found in the comparison of V_{di} during VIS and quiet breathing (Figure 4).

Discussion

The main result of this study showed that the BS technique in individuals with right hemiplegia post-stroke increased the air volume similarly to the VIS, but BS promoted less pulmonary rib cage asymmetry and allows to the respiratory system a greater inspiratory time, with reduction in mean inspiratory flow and less diaphragm mean shortening velocity.

Studies comparing BS and VIS techniques showed a superiority of BS to generate inspiratory volumes, however those studies were applying in patients in the post-operative period of abdominal and cardiac surgery ^{11,12}. We believe that the gain observed in our study was similar, because the selected patients didn't presented limitations to perform VIS: stable and collaborative subjects, without cognitive deficit, discomfort or restrictions (pain or dyspnea), and other conditions that should compromise the use of VIS or incapacitate them to keep sufficient effort to achieve their maximal volume ⁸.

The reason to explain why the compartments V_{rcp} , V_{rca} e V_{ab} and their volume distribution in both hemithorax showed an identical volume increase during the BS and VIS techniques without significant difference between both analyzed methods, is probably because, independently of the technique applied, the same air volume promote the expansion of the chest wall as a whole, without prejudice to any of these compartments.

Regarding the analysis of asymmetry between the paretic and non-paretic sides in the compartments of chest wall, we did not find any difference of the basal values and it corroborates to Lanini et al (2003)¹, which observed that during quiet breathing did not exist difference between air volume in the paretic and non-paretic sides in individuals after stroke. Thus, despite some studies have demonstrated that diaphragm may be affected in the paretic side in patients with hemiplegia with negative repercussions on respiratory system, it does only seem to affect the breathing when occur an increasing the ventilatory demand ^{1,9,26}.

However, during the therapy using VIS, the chest wall showed a higher asymmetry with less participation of the paretic side and this fact should be explained by two mechanisms: 1) less activity from the diaphragm and intercostal muscles in the paretic side when the respiratory movements are quickly performed in comparison to slow and gradual breaths ^{2,9}; 2) BS technique allows the patient relax the inspiratory muscles between efforts, improving the chest wall compliance and air volume distribution due to prolonged period of hyperinflation ¹⁰.

According to Baker et al (1990)¹⁰, regarding to PET, another important factor that may be considered, as much as the mobilized volume, is the duration of inspiratory maneuver, which was higher using BS in comparison to VIS. Possibly, it should be justified by the fact that BS is performed using successive inspirations to achieve the maximal IC, allowing a prolonged inspiratory time unlike it happens with VIS device that needs a maximum effort only once..

However, we would like to remember that the fact of keeping both lungs distended with higher volumes provides additional time for the interdependent forces to recruit areas with atelectasis, which possibly did not occur with only one effort through the VIS. For this reason, the longer duration obtained during BS application may improve the collateral ventilation, increase the recruitment of areas with pulmonary atelectasis with improvement in lung compliance^{10,27}.

Although there are some restrictions to directly evaluate the diaphragm in human, its performance can be measured indirectly through the transdiaphragmatic pressure, pulmonary volumes and inspiratory flows, which could corresponds to the measurements of tension, length and shortening velocity, respectively²⁸. In our study, we chose the chest wall volume, mean inspiratory flow and velocity of shortening to evaluate the diaphragm.

We observed that VIS did not demonstrate any change in MIF and this should be explained because the VIS was performed through the device Voldyne5000® and it was conducted orienting the volunteers to make an inspiration providing a flow rate able to keep the piston floating between the levels “good”, “better” or “best” available on the device. Despite the MIF value did not reduce during VIS, like during the BS, the VIS technique didn't demonstrated an increase in that variable when compared to the values obtained during quite breathing, contrary to the result presented by Parreira et al (2005)²⁹, Tomich et al (2007)⁶ e Lunardi et al (2013)³⁰.

On the other hand, BS produced a lower MIF in comparison to the VIS device and basal values of breathing, and we believe that physiologically the deep breath using slow inspirations generate a laminar inspiratory flow resulting in a more uniform air distribution through the parenchyma pulmonary³¹, reaching the more distal airway.

In addition to this, some studies involving healthy individuals have demonstrated that the MIF is related to the increase of oxygen consumption by the respiratory muscles, contributing to the rise in the work of breathing with higher perception of respiratory effort and thoracic distortion^{28,32}. Thus, the MIF reduction during BS suggests that beyond to generate more laminar flows with lower pressure air friction into the airways, reduces the work of breathing and the asymmetry of the pulmonary rib cage.

The reduction in Vdi observed only during BS technique should be assigned to an adjustment mechanism to perform an isovolumetric maneuver, as occur during the inspiratory pause kept between efforts during BS, in which there is a deterrent to excessive diaphragm shortening to optimize its performance³³. Thus, the prolonged inspiratory time added to inspiratory pauses (stop inspiratory flow) between inspiratory efforts during the maneuver allowed the phasic relaxation of the inspiratory muscles, especially of the diaphragm, reducing the load imposed to this muscle and optimizing its performance^{10,24,34}.

Conclusion

In conclusion, our results suggest that using BS technique in patients with right hemiplegia post-stroke increased volumes similarly to VIS, but the use of BS can allows adaptations of the diaphragm through successive inspirations, reducing the chest wall asymmetry and optimizing the performance of the respiratory system during pulmonary volumes maintenance when compared to the VIS technique.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE (IBPG-1171-4.08/11) and CAPES / PROCAD-NF (nº.792/2009).

REFERENCES

1. Lanini B, Bianchi R, Romagnoli I, Coli C, Binazzi B, Gigliotti F, et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;168(1):109–13.
2. Billinger S, Coughenour E, Mackay-Lyons MJ, Ivey FM. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations. *Stroke Res Treat*. 2012;2012:959120.
3. Jandt SR, Caballero RMDS, Junior LAF, Dias AS. Correlation between trunk control, respiratory muscle strength and spirometry in patients with stroke: an observational study. *Physiother Res Int*. 2011;16(4):218–24.
4. Orman J, Westerdahl E. Chest physiotherapy with positive expiratory pressure breathing after abdominal and thoracic surgery: a systematic review. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2010;54(3):261–7.
5. Carvalho CRF, Paisani DM, Lunardi AC. Incentive spirometry in major surgeries: a systematic review. *Rev Bras Fisioter*. 2011;15(5):343–50.
6. Tomich GM, França DC, Diório CM, Britto RR, Sampaio RF, Parreira VF. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. *Braz J Med Biol Res*. 2007;40(10):1409–17.
7. Lima IN, Fregonezi GA, Rodrigo M, Cabral EE, Aliverti A, Campos TF, Ferreira, GMH. Acute Effects of Volume-Oriented Incentive Spirometry on Chest Wall Volumes in Patients After Stroke. *Respir Care*. 2013; 10.4187/respcare.02651.
8. Restrepo RD, Wettstein R, Wittnebel L, Tracy M. Incentive spirometry: 2011. *Respir Care*. 2011;56(10):1600–4.
9. De Almeida ICL, Clementino ACCR, Rocha EHT, Brandão DC, Dornelas Andrade A. Effects of hemiplegia on pulmonary function and diaphragmatic dome displacement. *Respir Physiol Neurobiol*. 2011;178(2):196–201.
10. Baker WL, Lamb VJ, Marini JJ. Breath-stacking Increases the Depth and Duration of Chest Expansion by Incentive Spirometry. *Am Rev Respir Dis*. 1990;141:343–6.
11. Dias CM, Plácido TR, Ferreira MFB, Guimarães FS, Menezes SLS. Inspirometria de incentivo e breath stacking : repercussões sobre a capacidade inspiratória em indivíduos submetidos à cirurgia abdominal. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(2):94–9.
12. Dias CM, Vieira RDO, Oliveira JF, Lopes AJ, Lúcia S, Menezes S, Guimarães, FS. Três protocolos fisioterapêuticos: Efeitos sbre os volumes pulmonres após cirurgia cardíaca. *J Bras Pneumol*. 2011;37(1):54–60.
13. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. 1987;67(2):206–7.

14. Sulter G, Steen C. Use of the Barthel Index and Modified Rankin Scale in Acute Stroke Trials. *Stroke*. 1999;30(8):1538–41.
15. Bertolucci PHF, Brucki SMD, Campacci SR, Juliano Y. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuropsiquiatr*. 1994;52(1):01–7.
16. Duarte AAO, Pereira CAC, Rodrigues SCS. Validação de novos valores previstos brasileiros para a espirometria forçada na raça branca e comparação com os valores previstos obtidos por outras equações de referência. *J Bras Pneumol*. 2006;33(5):527–35.
17. Pereira CA de C. Espirometria. *J Bras Pneumol*. 2002;28(Supl 3):1–82.
18. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J*. 2005;26(1):153–61.
19. Moore VC. Spirometry: step by step. *Breathe*. 2012;8(3):232–40.
20. Costa D, Gonçalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Imaculada M, Montebelo L. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol*. 2010;36(March):306–12.
21. Neder J, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*. 1999;32(6):719–27.
22. Aliverti A, Pedotti A. Opto-electronic plethysmography. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2003;59(1):12–6.
23. Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, Lanini B, Castellani C, Grazzini M, Scano G. Chest wall kinematics and breathlessness during pursed-lip breathing in patients with COPD. *Chest*. 2004 Feb;125(2):459–65.
24. Aliverti A, Cala S, Duranti R. Human respiratory muscle actions and control during exercise. *J Appl Physiol*. 1997;83(4):1256–69.
25. Aliverti A, Iandelli I, Duranti R, Cala SJ, Kayser B, Kelly S, et al. Respiratory muscle dynamics and control during exercise with externally imposed expiratory flow limitation. *J Appl Physiol*. 2002;92(5):1953–63.
26. Khedr EM, El Shinawy O, Khedr T, Abdel aziz ali Y, Awad EM. Assessment of corticodiaphragmatic pathway and pulmonary function in acute ischemic stroke patients. *Eur J Neurol*. 2000;7(5):509–16.
27. Ward NS, Hill NS. Pulmonary function testing in neuromuscular disease. *Clin Chest Med*. 2001;22(4):769–81.
28. MacCool FD, Tzelepis GE, Hoppin Jr FG. Inspiratory pump performance: a pressure flow volume framework. *Thorax*. 1995;85:1463–78.

29. Parreira VF, Tomich GM, Britto RR, Sampaio RF. Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. *Braz J Med Biol Res.* 2005;38(7):1105–12.
30. Lunardi AC, Porras DC, Barbosa RCC, Paisani DM, Marques da Silva CCB, Tanaka C, Carvalho CRF. Comparison of distinct incentive spirometers on chest wall volumes, inspiratory muscular activity and thoracoabdominal synchrony in the elderly. *Respir Care.* 2013 Aug;August(Paper in press); 10.4187/respcare.02665.
31. Postiaux G. Kinésithérapie et pathologie du poumon profond: Les techniques inspiratoires lentes pour l 'épuration des voies aériennes périphériques. *Rev Mal Respir.* 2000;17:1–4.
32. Chang AT, Palmer KR, McNaught J, Thomas PJ. Inspiratory flow rate, not type of incentive spirometry device, influences chest wall motion in healthy individuals. *Physiother Theory Pract.* 2010;26(6):385–92.
33. Aliverti A, Cala SJ, Duranti R, Ferrigno G, Kenyon CM, Pedotti a, et al. Human respiratory muscle actions and control during exercise. *J Appl Physiol.* 1997;83(4):1256–69.
34. Romagnoli I, Gigliotti F, Lanini B, Bianchi R, Soldani N, Nerini M, et al. Chest wall kinematics and respiratory muscle coordinated action during hypercapnia in healthy males. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(5-6):525–33.

LEGEND OF FIGURES

Figure 1. Study chart flow.

Figure 2. Representation of the variation of volume during Breath Stacking (BS) and Incentive Spirometry (IS). (A) Band corresponding to the interval of basal breathing. (B) During BS maneuver. (C) During IS maneuver.

Figure 3. Percentage of chest wall volume contribution (V_{cw}) and its compartments (volume of pulmonary rib cage – V_{rcp} ; volume of abdominal rib cage – V_{rca} e abdominal volume – V_{ab}) between right hemithorax (paretic side) and left hemithorax (non-paretic side) during both techniques (BS and VIS - interventions).

Figure 4. V_{rca}/V_{ab} ratio between quiet breathing and both techniques applied in this study (BS and VIS) in individuals with right hemiplegia post-stroke.

Figure 5. Diaphragm mean velocity of shortening during quite breathing and performance of BS and VIS in subjects with right hemiplegia post-stroke.

Table 1. Anthropometric, clinical and pulmonary function characteristics of the sample studied.

Variables	Mean $\pm$ DP
Sex (F/M)	2/8
Age (years)	61 $\pm$ 6.1
Height (m)	1.63 $\pm$.07
Weight (Kg)	73 $\pm$ 11
BMI (kg/m ²)	28 $\pm$ 3.6
Stroke time (months)	58 $\pm$ 59
Barthel Index	98 $\pm$ 3.5
MMSE	26 $\pm$ 3.9
Ashworth (shoulder, n)	
1	
+1	3
2	
3	3
	1
	3
VC (L)	2.8 $\pm$.6
IC (L)	2.4 $\pm$.6
FEV ₁ (L)	2.4 $\pm$.5
VEF ₁ (% _{pred})	80 $\pm$ 13
FVC (L)	2.9 $\pm$.5
FVC (% _{pred})	72 $\pm$ 15
FEV ₁ /FVC	85 $\pm$ 4.5
VEF ₁ /FVC (% _{pred})	107 $\pm$ 5.6
PEF (L/s)	5.0 $\pm$ 1.6
PEF (% _{pred})	52 $\pm$ 12
PIM (cmH ₂ O)	85 $\pm$ 33
PIM (% _{pred})	83 $\pm$ 27
PEM (cmH ₂ O)	93 $\pm$ 40
PEM (% _{pred})	84 $\pm$ 30

F: females; M: males; BMI: body mass index; MIP: maximal inspiratory pressure; MEP: maximal expiratory pressure; MEEM: mini mental state examination; VC: vital capacity; IC: inspiratory capacity; FEV₁: forced expiratory volume in the first second; FVC: forced vital capacity; PEF: peak expiratory flow; % pred: percentage from the predicted value.

Tabela 2. Respiratory variables during QB and during BS and VIS in individuals with right hemiplegia post-stroke.

	QB	BS	QB	VIS
Volume (L)				
Vcw	0,50 (0,16)	1,89 (0,48)*	0,46 (0,10)	1,90 (0,42) [#]
Vrcp	0,17 (0,06)	0,70 (0,18)*	0,14 (0,04)	0,70 (0,23) [#]
Vrcp,r	0,08 (0,03)	0,34 (0,09)*	0,07 (0,02)	0,33 (0,12) [#]
Vrcp,l	0,09 (0,04)	0,36 (0,10)*	0,07 (0,03)	0,37 (0,16) [#]
Vrca	0,08 (0,03)	0,36 (0,09)*	0,07 (0,02)	0,34 (0,08) [#]
Vrca,r	0,04 (0,02)	0,19 (0,06)*	0,03 (0,01)	0,17 (0,04) [#]
Vrca,l	0,04 (0,01)	0,17 (0,06)*	0,04 (0,01)	0,17 (0,07) [#]
Vab	0,25 (0,11)	0,83 (0,34)*	0,25 (0,08)	0,88 (0,31) [#]
Vab,r	0,12 (0,06)	0,41 (0,17)*	0,13 (0,05)	0,44 (0,17) [#]
Vab,l	0,13 (0,06)	0,42 (0,18)*	0,12 (0,03)	0,44 (0,44) [#]
Time (s)				
Ttot	3,5 (1,2)	16,8 (7,1)*	3,5 (0,8)	10,9 (2,3) ^{#,§}
Tinsp	1,4 (0,33)	12,4 (6,6)*	1,5 (0,39)	6,9 (2,4) ^{#,§}
Texp	2,1 (0,93)	4,4 (1,1)*	2,0(0,50)	4,1 (0,8) [#]
Tinsp/Ttot	42 (6,1)	70 (11)*	42 (5,7)	62 (11) [#]
Flow (L/s)				
FIM	0,36 (0,08)	0,17 (0,08)*	0,32 (0,06)	0,32 (0,10) [§]

Data expressed as mean $\pm$ SD; QB: quiet breathing; BS: Breath Stacking; VIS: volume incentive spirometry.; Vcw: volume of chest wall; Vrcp: volume of pulmonary rib cage; Vrcp,r: volume of right pulmonary rib cage; Vrcp,l: Volume of left pulmonary rib cage; Vrca: volume of abdominal rib cage; Vrca,r: volume of right abdominal rib cage; Vrca,l: volume of left abdominal rib cage; Vab: volume of abdominal compartment; Vab,r: volume of right abdominal compartment; Vab,l: volume of left abdominal compartment; Ttot: total time; Tinsp: inspiratory time; Texp: expiratory time; MIF: mean inspiratory flow. *p<0,05: QB x BS. [#]p<0,05: QB x VIS. [§]p<0,05: BS x VIS.

Figure 1.

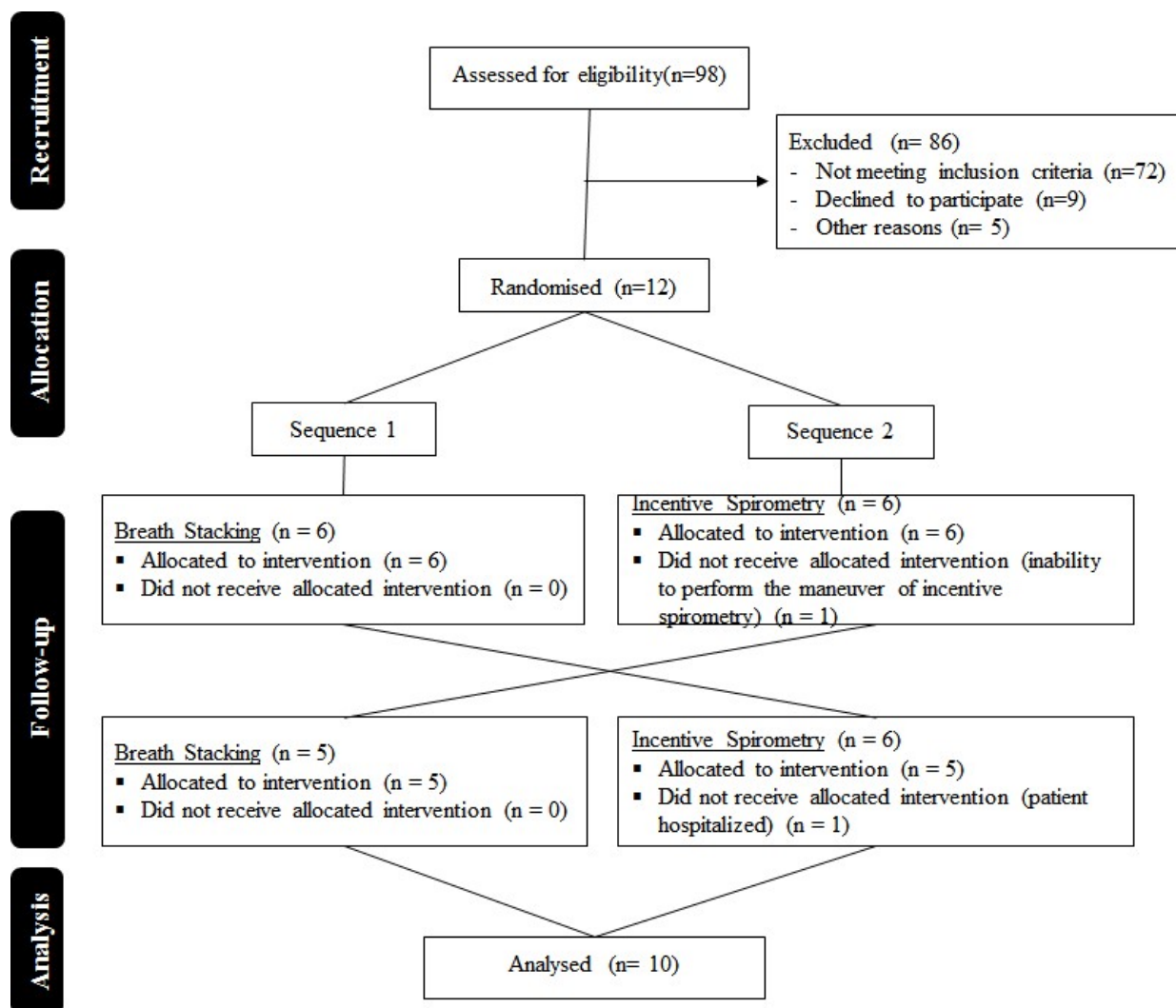


Figura 2.

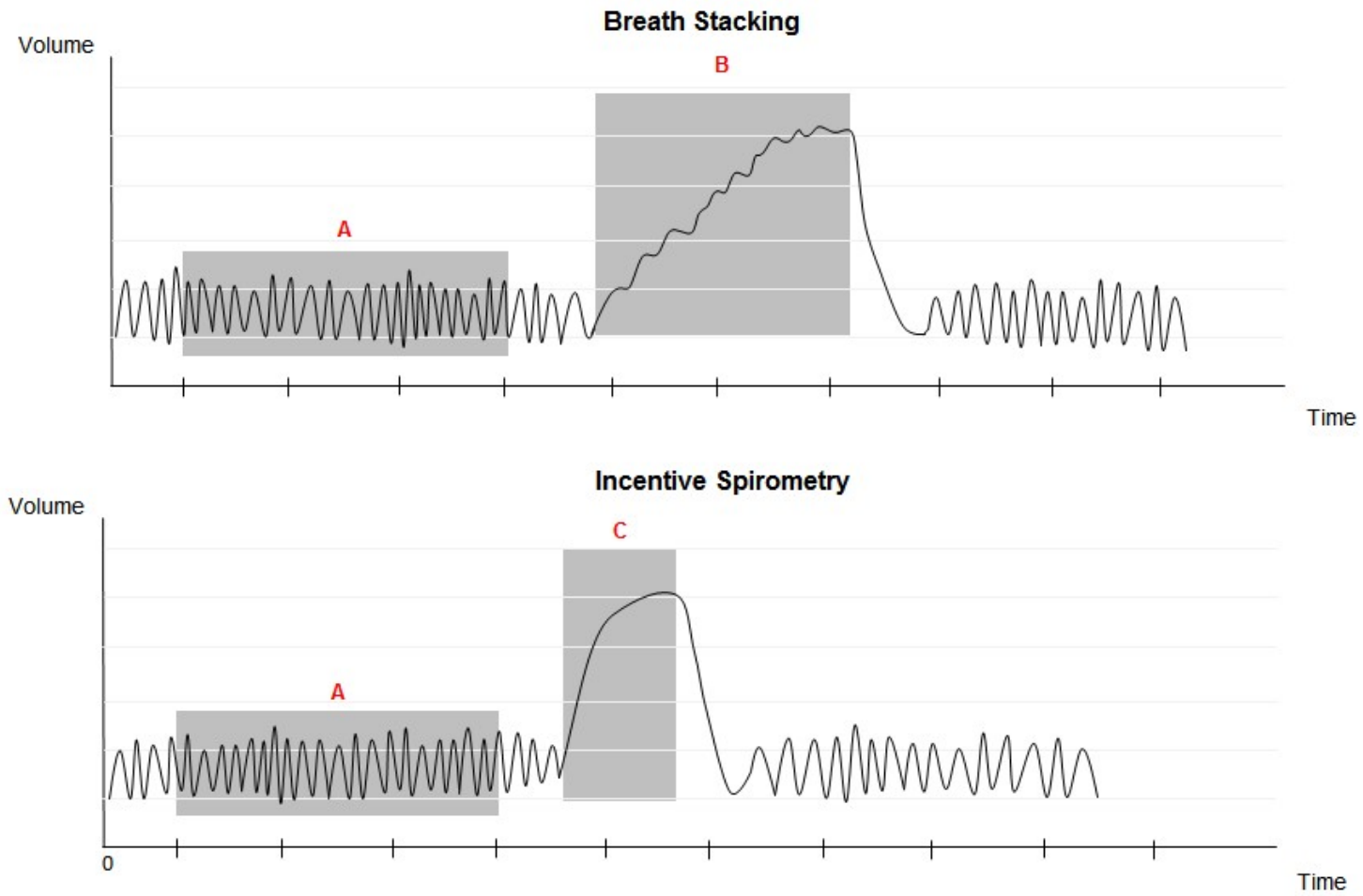


Figure 3

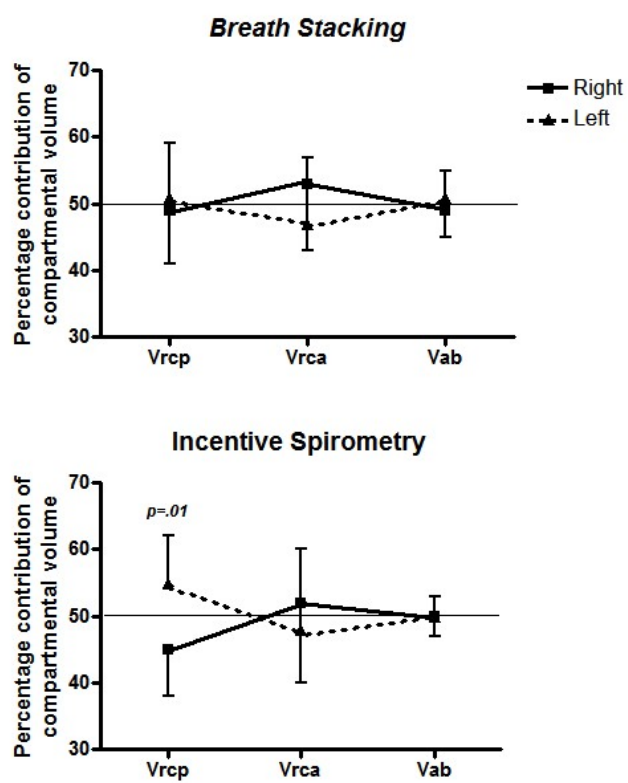


Figura 4.

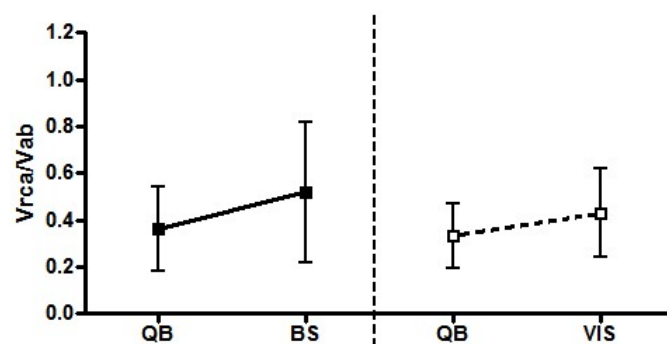
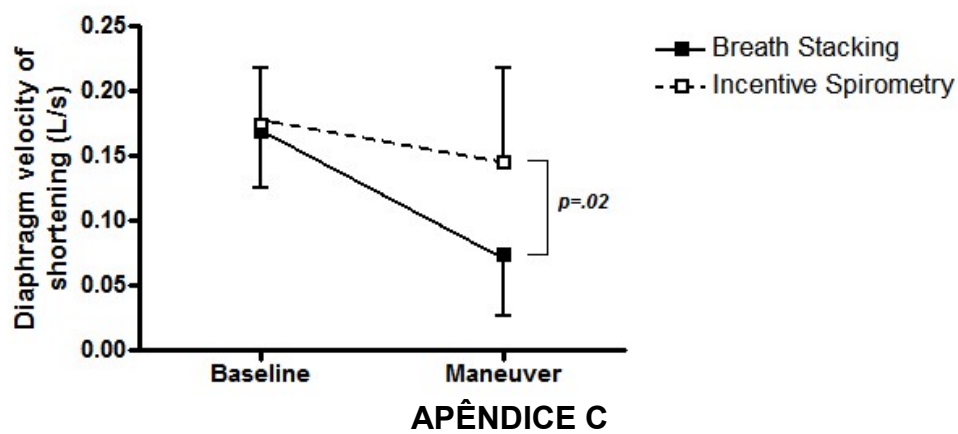


Figura 5.



Artigo 2

ALONGAMENTO DOS MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS MELHORAM A EXPANSÃO DA CAIXA TORÁCICA HEMIPARÉTICA: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO.

A SER SUBMETIDO AO PERIÓDICO:

RESPIRATORY CARE

RESPIRATORY MUSCLES STRETCHING IMPROVE THE HEMIPARETIC CHEST WALL EXPANSION: A RANDOMISED TRIAL.

Respiratory Muscle Stretching in Stroke Patients

Catarina Rattes, PT, MSc; Department of Physiotherapy, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Shirley Lima Campos, PT, MSc, PhD; Department of Physiotherapy, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Caio Morais, PT, MSc; Department of Physiotherapy, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Thiago Gonçalves, PT; Department of Physiotherapy, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Larissa Bouwman Sayão, PT, MSc; Department of Physiotherapy, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Valdecir Castor Galindo-Filho, PT, PhD; Department of Physiotherapy, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Verônica Parreira, PT, PhD; Department of Physiotherapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil.

Andrea Aliverti, PhD; Department of Bioengineering, Politecnico di Milano, Italy.

Armèle Dornelas de Andrade, PT, MSc, PhD, Department of Physiotherapy, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Corresponding author: Armèle Dornelas de Andrade, MD, PhD

armedornelas@yahoo.com

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Fisioterapia

Av. Jorn. Aníbal Fernandes, s/n. Cidade Universitária.

CEP: 50740-560 - Recife – PE (BRA)

Author contributions: Study conception and design: CR, SC, CM, AA, ADA; Subjects enrollment and conception of the experiments: CR, CM, TG, LS; Data analysis and interpretation: CR, SC, CM, TG, LS, VCGF, VP, AA, ADA; Drafting of the manuscript and writing of the manuscript: CR, SC, CM, VCGF, VP, AA, ADA; Important intellectual input to and review of the manuscript: CR, SC, VCGF, VP, AA, ADA; Approval of the final manuscript: CR, SC, CM, TG, LS, VCGF, VP, AA, ADA.

Summary conflict of interest statements: There is no conflict of interest for all authors.

Funding information: This study was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE (IBPG-1171-4.08/11) and CAPES / PROCAD-NF (Grant 300 n°.792/2009) as responsible Prof. Armêle Dornelas de Andrade.

Clinical Trial Registration: NCT02416349

Abstract

Introduction: Individuals post-stroke may present restrictive ventilatory pattern generated for changes in the functionality of respiratory system due muscle spasticity and contractures. The aim of this study was to assess the acute effects after respiratory muscle stretching on the ventilatory pattern and volume distribution of the chest wall in stroke subjects.

Methods: A randomized, blind crossover clinical trial with allocation concealment was conducted. Ten volunteers with right hemiparesis after stroke, mean age of 60 ± 5.7 years, were randomized to the following interventions: respiratory muscles stretching and at rest (control). Respiratory muscles stretching was performed using four types of respiratory muscle stretching (stretching the neck, upper chest, pectoralis major and lateral chest), with two sets of ten consecutive stretching periods for each pattern with a 30-s interval between each series. For the control intervention, all subjects remained at rest for 20 min. The ventilatory pattern and chest wall volume distribution were evaluated through optoelectronic plethysmography before and immediately after each intervention.

Results: Respiratory muscles stretching promoted a significant acute increase of 120 mL in tidal volume ($p=.029$), with an increase in minute ventilation ($p=.001$), mean inspiratory flow ($p=.007$) and mean expiratory flow ($p=.002$) compared with the control group. Pulmonary ribcage increased 50 mL after stretching ($p=.028$), with 30 mL of contribution to the right pulmonary rib cage (hemiparetic side) ($p=.041$) in comparison to the control group.

Conclusion: Respiratory muscles stretching in subjects with right hemiparesis post-stroke demonstrated that acute effects improve the expansion of the respiratory system during tidal breathing.

Key words: stroke, paresis, muscle stretching exercises, respiratory mechanics, optoelectronic plethysmography.

Introduction

Hemiplegia/hemiparesis represents the most common disability and the main indication of rehabilitation after stroke ¹. Fatigue, lack of balance, contractures and spasticity are some of specific disadvantages from this disease, which interfere in the functions of the whole body and could compromise the respiratory system ².

The respiratory changes depend on the central structures affected by stroke and could be related to trunk postural dysfunctions caused by hemiplegia/hemiparesis ^{2,3}, leading to an impairment of respiratory mechanics, reduction in respiratory muscle pressure, asymmetry and reduction in chest wall displacement and ventilation. Thus, those individuals presenting injury of pulmonary function with a restrictive ventilatory pattern may experience respiratory complications and require recurrent hospital intervention ²⁻⁵.

Muscle stretching has been commonly used in clinical practice because it increases tissue extensibility through mechanisms involving deformation and structural adaptations of the muscles, and it allows increases in soft tissues extensibility, as such connective, vascular, cutaneous and neural tissues ^{6,7}. Respiratory muscle stretching (RMS), has been suggested as an intervention that is able to reduce chest wall rigidity and consequently increase its expansion and improve ventilatory patterns in subjects with chronic obstructive pulmonary disease ⁸⁻¹⁰.

Currently, rehabilitation programs for post-stroke subjects do not include specific actions aiming to improve the respiratory muscle and chest wall compliance. For this reason, we investigated the use of RMS to improve respiratory function in these subjects.

We hypothesized that RMS allows a better expansion of the chest wall because of both increased muscle length and chest wall compliance.

The specific aim of this study was, therefore, to evaluate the acute effects of respiratory muscle stretching on the ventilatory pattern and total and compartmental chest volumes wall in subjects with right hemiparesis post-stroke.

Material and Methods

Study design and sample

A randomized crossover clinical trial, with allocation concealment and blind, was performed at Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar. The Human Ethics Committee of the Universidade Federal de Pernambuco approved the protocol of this study, and all participants gave written informed consent after being fully informed of the protocol ¹¹.

Inclusion criteria for the study were post-stroke subjects with right hemiparesis for more than three months, from both sexes, older than 20 years old, with scores between 1 and 3 according to Ashworth Scale for upper limbs¹², scores above 85 for Barthel Index¹³ and a minimum score of 18 for Mini Mental State Examination¹⁴.

The following exclusion criteria were considered: facial paralysis, rheumatic or orthopedic diseases, spinal abnormalities or deformities that compromise the respiratory mechanics, spirometry with forced expired volume in the first second (FEV_1) < 80% predict and $FEV_1/\text{forced vital capacity (FVC)} \leq .7$, according to predicted values¹⁵, respiratory comorbidities, recent history of thoracic or abdominal surgery, hemodynamic instability or pregnancy.

Study Protocol

All subjects underwent two types of intervention: respiratory muscle stretching (RMS) and maintenance of resting conditions for a similar period to that of RMS (control group). The sequence to start the interventions was randomly performed using a computer program available on the internet (www.randomization.com), and it was coded by another

auxiliary researcher; allocation concealment was kept using numbered opaque envelopes containing the subjects selection. Those envelopes were sent to the therapist researcher responsible for intervention, who was blinded to the type of intervention used on the subjects. A minimum period of one day was used between the two interventions.

The whole study protocol was performed over three different days. On the first day, all participants underwent the general assessment, which consisted of anamnesis and anthropometric measurements: weight, height and body mass index using a digital balance (Welmy W300, São Paulo, Brazil). Then, all participants were submitted to spirometry (Micro Medical Microloop MK8, Kent, England) and respiratory muscle maximal pressure assessment using a manovacuometer (MV-300 Globalmed, São Paulo, Brazil) according to the American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement^{16, 17}.

Intervention

The study protocol was preliminarily tested to obtain the greater participation of the subjects with the lowest possible postural compensation. After this preliminary analysis, active-assisted stretching was chosen, with subjects positioned sitting with back support and being asked to avoid postural compensations during stretching.

The following stretching exercises were then performed (Fig. 2):

- Neck (Fig. 2A): The subject was sitting with back support, straight trunk and head flexion toward the left side using his/her left hand, with the therapist supporting the stretching, displacing subject's right shoulder in the craniocaudal direction. Similarly, head extension toward the right side was performed using subject's right hand, but with greater participation of the therapist due to subject's limitation on this side.

- Upper chest (Fig. 2B): The subject was positioned sitting with back support, straight trunk and was asked to interlace fingers of both hands and put them in the upper thorax region. Stretching was performed after requesting the subject to pull down the chest using both hands while lifting chin exhaling slowly. In situations where it was not possible to interlace fingers on the chest due to spasticity, stretching was promoted by the therapist standing behind the subject, interlacing his/her own fingers on the subject's chest and performing chest wall deflation synchronized to the subject's expiration while lifting the chin.

- Pectoralis major (Fig. 2C): The subject was positioned sitting with back support, with the arm to be stretched abducted, forearm flexed and hand kept on the occipital region, with one the therapist's hands supporting the upper third of the arm and the other hand in the lateral region of the upper chest, displacing the hand in the craniocaudal direction, following the muscles fibers direction. In situations where the right shoulder presented limitations in joint mobility due to spasticity or pain, a higher level of support was given by therapist.

- Lateral chest (Fig. 2D): The subject was positioned in lateral and dorsal decubitus using a foam roller shaped half-moon placed in the lateral region, the supra-lateral forearm flexed with the hand placed in the occipital region with the therapist supporting rib mobilization in the craniocaudal direction and displacing the supra-lateral arm of the subject to perform shoulder abduction with the other hand.

All of the interventions were done by respecting joint limitations and any pain complaints from the subjects.

Before a stretching session, the exercises were explained to the subjects, by providing them a demonstration performed by the therapist. The subjects were also instructed to exhale slowly ¹⁰. The stretching occurred throughout the expiratory phase allowing respiratory muscles to reach their maximum length. Two sets of 10 consecutive stretches were performed for each muscle, with a 30-s interval between the series. Only lateral chest stretching was performed in lateral decubitus, allowing the stretch of the lateral chain muscles at the moment of inspiration and accompanying of the ribs during expiration ¹⁸.

The control intervention was assisted in a resting period of approximately 20 min, the average estimation of the stretching exercise, with subjects sitting in a comfortable chair.

Optoelectronic Plethysmography

The analysis of the ventilatory pattern and chest wall compartmental volumes was performed through optoelectronic plethysmography (OEP – BTS Bioengineering, Milan, Italy) with eight cameras, four positioned anterior and four posterior with respect to the subject. According to the protocol of Aliverti et al. (2003)¹⁹, 89 reflective markers were positioned by hypoallergenic adhesives on the anterior, lateral and posterior thoraco-abdominal wall.

Subjects were positioned sitting, with the feet kept on the floor, knees and hips at 90°, straight trunk, arms supported on an adapted pad and asked to spontaneously breathe without speaking or changing the posture during OEP data acquisition. After a period of adaptation, data were recorded during 3 min of spontaneous quiet breathy and three slow vital capacity maneuvers, each composed by an inspiratory capacity (IC, from functional residual capacity to total lung capacity - TLC) followed by a full expiration from TLC to

residual volume. The same protocol was applied before and after each intervention (control or RMS) on two different days.

Tidal volumes of the different compartments ($V_{t,rcp}$ - pulmonary rib cage, $V_{t,rca}$ - abdominal rib cage, $V_{t,ab}$ - abdomen), as well as their respective subdivisions in the right ($V_{t,rcp,r}$, $V_{t,rca,r}$ and $V_{t,ab,r}$) and left ($V_{t,rcp,l}$, $V_{t,rca,l}$ and $V_{t,ab,l}$) sides, were determined as the difference between end-inspiratory volume and end-expiratory volume during quiet breathing. Total tidal volume ($V_{t,cw}$) was calculated as a sum of $V_{t,rcp} + V_{t,rca} + V_{t,ab}$. Tidal volumes of the right ($V_{t,cw,r}$) and left ($V_{t,cw,l}$) hemithorax were computed as $V_{t,cw,r} = V_{t,rcp,r} + V_{t,rca,r} + V_{t,ab,r}$ and $V_{t,cw,l} = V_{t,rcp,l} + V_{t,rca,l} + V_{t,ab,l}$, respectively.

To analyze of the ventilatory pattern, the following variables were determined: total respiratory cycle time (T_{tot}), inspiratory time (T_{insp}), expiratory time (T_{exp}), T_{insp}/T_{tot} ratio (duty cycle), respiratory rate (RR), minute ventilation (VE), mean inspiratory flow ($MIF = V_t/T_{insp}$) and mean expiratory flow ($MEF = V_t/T_{exp}$). Inspiratory capacity (IC) was calculated as the difference between the volume at TLC and average of end-expiratory volume of the three breaths preceding the last one before the maneuver. Vital capacity (VC) was determined as the difference between volumes at TLC and RV. For subsequent analysis, the highest values of IC and VC were considered.

Statistical Analysis

The sample size calculation was performed considering tidal volume data obtained in a pilot study involving six subjects, performed at and using the software developed by MGH Mallinckrodt General Clinical Research Center (Boston, USA). We considered a significance level of 95% ($p < 0.05$), 80% of power, standard deviation obtained from the individual mean difference of $V_{t,cw}$ generated by the difference between post-control

and post-RMS = .094, and a minimum detected difference²⁰ calculated of 0.107 L. According to these data, the sample size was estimated as composed by 9 subjects.

Statistical analysis was based on: SigmaPlot software for Windows, version 12.0. Shapiro-Wilk Test and Equal Variance Test were performed to verify normality and homogeneity of data sample, respectively. Two Way Repeated Measures ANOVA with post-hoc Holm-Sidak was performed on OEP data when normal and equal distribution, with intervention (RMS/control) and time (before/after) as factors. Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks with post-hoc Tukey was performed when OEP data failed in the normality and homogeneity tests. All statistical tests were two-tailed, and data were expressed as the mean and standard deviation, mean change and confidence interval for differences between post-intervention data, considering $p < 0.05$ as significant.

Results

Ten subjects with right hemiparesis post-stroke were analyzed; the anthropometric, clinical, pulmonary function and respiratory maximal pressure data are reported in table 1. Two women and eight men with mean age of 60 ± 5.7 years, completed the study protocol (Figure 1). The subjects presented FVC (%pred) = 74 ± 16 , and FEV₁/FVC (%pred) = 106 ± 4.74 , showing restrictive pulmonary disorder in some subjects.

Ventilatory pattern

As shown in table 2, RMS caused a significant increase in the VE (2.90 L/min, $p=0.001$) due to the increase in V_{t,cw} (120 mL, $p = 0.029$) compared with the control intervention. RMS also showed a significant rise in T_{insp}/T_{tot} ratio, Mean

Inspiratory Flow and Mean Expiratory Flow (3.78, $p=0.031$; 0.08 L/s, $p=0.007$; and 0.13 L/s, $p = 0.002$, respectively).

No significant differences were found in T_{tot} , T_{insp} , T_{exp} and respiratory rate during quiet breathing. The control intervention did not show any significant alteration in the ventilatory pattern (table 2).

Chest wall volume distribution

The analysis of chest wall tidal volume of the different compartments is shown in table 3. A significant increase of 60 mL in the right hemithorax (with hemiparesis) was found ($p=0.006$) after RMS intervention compared with the control intervention. Pulmonary rib cage presented a significant increase of 50 mL after RMS, 30 mL from the right pulmonary rib cage with hemiparesis ($p=0.028$ and $p=0.041$, respectively). No significant changes were found after control intervention.

No significant differences in VC and IC were observed after either intervention (Figure 3).

Discussion

Several abnormalities can be found in post-stroke subjects due to the presence of hemiplegia or hemiparesis; these include reduced chest wall expansion and pulmonary function alterations^{2,5,21}. Previous studies have shown that a restrictive pulmonary pattern occurs in these subjects, probably due to the limited respiratory movements that make chest wall and abdominal expand^{22,23}. This has been confirmed in our small sample of subjects, who showed lower values of FEV_1 and FVC, but not the FEV_1/FVC , clearly suggesting a restrictive pattern²⁴.

In this study, we demonstrate that respiratory muscle stretching is able to promote changes in the ventilatory pattern, namely by augmenting tidal volume, minute ventilation, $T_{\text{insp}}/T_{\text{tot}}$ ratio, mean inspiratory and mean expiratory flows, and by increasing chest wall volume displacement, especially in the right hemiparetic side of the pulmonary rib cage.

These results can be explained by biomechanical improvements such as: 1) spasticity adequacy in the hemiparetic side through the reduction of the motor neuronal excitability during muscle stretching ⁶, 2) increase of the muscle length due the effective muscular contraction during breathing ²⁵, and 3) improvements in chest wall compliance resulting in the load reduction imposed to the respiratory system, also improving the diaphragm action ²⁵.

The increase of tidal volume observed after RMS, due to the increase of pulmonary rib cage, can therefore be explained with the improvements in the mobility of the chest wall, especially in the affected hemithorax ^{6,8-10}.

Interestingly, the increase in minute ventilation, mean inspiratory and mean expiratory flows was related only to the higher tidal volume with no changes in respiratory rate and in the respiratory times (T_{insp} , T_{exp} and T_{tot})¹⁰. The acute effects of RMS found in the present study involve spontaneous breathing but not IC and VC thus, presumably, RMS is able to affect chest wall compliance only in the range of volumes occurring just above Functional residual capacity, but not in the range below TLC. To the best at our knowledge, no studies have been performed to investigate IC and VC variations due to RMS in subjects after stroke.

There are, however, studies performed using different strategies to stretch the respiratory muscles in chronic obstructive pulmonary disease subjects that demonstrated beneficial effects of RMS on the respiratory system, namely increased chest wall

mobility, reduction of pulmonary hyperinflation, reduced accessory muscle tension, reduction in dyspnea sensation and overall improvement in pulmonary function^{9,10,25,27–29}. These studies only suggest that this type of intervention should be considered during the rehabilitation program for those subjects, but do not propose a standard intervention.

A limitation of the present study is the small number of subject due to the difficulty in selecting subjects in accordance to the strict limitations of the inclusion criteria that we wanted to design in a way to have a homogeneous group.

In conclusion, respiratory muscles stretching is able to promote acute increases in the tidal volume and hemiparetic rib cage expansion in subjects with right hemiparesis post-stroke and should be considered in rehabilitation programs of these subjects.

Acknowledgments

The study was conducted by the Universidade Federal de Pernambuco in collaboration with the Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil. We thank too the volunteers for their contributions to this study.

REFERENCES

1. Gordon NF, Gulanick M, Costa F, Fletcher G, Franklin B, Roth EJ, Shephard T. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. *Circulation*. 2004;109(16):2031–41.
2. Billinger SA, Coughenour E, Mackay-Lyons MJ, Ivey FM. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations. *Stroke Res Treat*. 2012, article ID 959120, 11 pages.
3. Jandt SR, Caballero RMDS, Junior LAF, Dias AS. Correlation between trunk control, respiratory muscle strength and spirometry in patients with stroke: an observational study. *Physiother Res Int*. 2011;16(4):218–24.
4. Fernandes FE, Martins SRG, Bonvent JJ. Efeito do Treinamento Muscular Respiratório por Meio do Manovacuômetro e do Threshold PEP em Pacientes Hemiparéticos Hospitalizados. *IFMBE Proc*. 2007;18:1199–1202.
5. Lanini B, Bianchi R, Romagnoli I, Coli C, Binazzi B, Gigliotti F, et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;168(1):109–13.
6. Smania N, Picelli A, Munari D, Geroi C, Ianes P, Waldner A, Gandolfi M. Rehabilitation procedures in the management of spasticity. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46(3):423–438.
7. Galea MP. Physical modalities in the treatment of neurological dysfunction. *Clin Neurol Neurosurg*. 2012;114(5):483–8.
8. Ito M, Kazizaki F, Tsuzura Y, Yamada M. Immediate Effect of Respiratory Muscle Stretch Gymnastics and Diaphragmatic Breathing on Respiratory Pattern. *Intern Med*. 1999;38(2):1–5.

9. Minoguchi H, Shibuya M, Miyagawa T, Kokubu F, Yamada M, Tanaka H, et al. Cross-over comparison between respiratory muscle stretch gymnastics and inspiratory muscle training. *Intern Med.* 2002;41(10):805–12.
10. Da Cunha APN, Marinho PÉ de M, Silva TNS, França EÉT de, Amorin C, Galindo Filho VC, De Andrade AD. Efeito do Alongamento sobre a Atividade dos Músculos Inspiratórios na DPOC. *Saúde em Revista.* 2005; November 11:13–19.
11. Schulz KF, Altman DG, Moher D, Group C. CONSORT 2010 Statement : updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ.* 2010;340:c332.
12. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther.* 1987;67(2):206–7.
13. Sulter G, Steen C. Use of the Barthel Index and Modified Rankin Scale in Acute Stroke Trials. *Stroke.* 1999;30(8):1538–41.
14. Bertolucci PHF, Brucki SMD, Campacci SR, Juliano Y. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuropsiquiatr.* 1994;52(1):01–7.
15. Duarte AA, Pereira CA, Rodrigues SCS. Validação de novos valores previstos brasileiros para a espirometria forçada na raça branca e comparação com os valores previstos obtidos por outras equações de referência. *Jornal Brasileiro de Pneumologia.* 2006; 33 (5): 527–535.
16. Moore VC. Spirometry: step by step. *Breathe.* 2012;8(3):232–40.
17. Costa D, Gonçalves HA, Lima LP De, Ike D, Cancelliero KM, Imaculada M, Montebelo DL. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol.* 2010;36(3):306–12.
18. Postiaux G. Kinésithérapie et pathologie du poumon profond: Les techniques inspiratoires lentes pour l'épuration des voies aériennes périphériques. *Rev Mal Respir.* 2000;17:1–4.
19. Aliverti A, Pedotti A. Opto-Electronic Plethysmography. *Monaldi Arch Chest Dis.* 2003; 59: 1, 12-16.

20. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*. 2005;19(1):231–40.
21. Teixeira-Salmela LF, Parreira VF, Britto RR, Brant TC, Inácio EP, Alcântara TO, Carvalho IF. Respiratory pressures and thoracoabdominal motion in community-dwelling chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(10):1974–8.
22. Parreira V, Guedes L, Quintão D. Padrão respiratório em pacientes portadores da doença de Parkinson e em idosos assintomáticos. *Acta Fisiátrica*. 2003;23(31):3–8.
23. Cardoso S, Pereira J. Análise da função respiratória na doença de Parkinson. *Arq Neuropsiquiatr*. 2002;60(1):91–5.
24. Miller MR. How to interpret spirometry. *Breath*. 2008;4(3):2007–9.
25. Leelarungrayub D. Chest Mobilization Techniques for Improving Ventilation and Gas Exchange in Chronic Lung Disease. *Chronic Obstr Pulm Disease - Current Concepts Prat*. 2012;(20):399 – 423.
26. MacCool FD, Tzelepis GE, Hoppin Jr FG. Inspiratory pump performance: a pressure flow volume framework. *Thorax*. 1995;85:1463–78.
27. Putt MT, Watson M, Seale H, Paratz JD. Muscle stretching technique increases vital capacity and range of motion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(6):1103–7.
28. Yamada M, Shibuya M, Kanamaru A, et al. Benefits of Respiratory Muscle in Chronic Respiratory Disease. *Showa Univ. J. Med. Sci*. 1996;8(1):63-71.
29. Leelarungrayub D, Pothongsunun P, Yankai A, Pratanaphon S. Acute clinical benefits of chest wall-stretching exercise on expired tidal volume, dyspnea and chest expansion in a patient with chronic obstructive pulmonary disease: a single case study. *J Bodyw Mov Ther*. 2009;13(4):338–43.

LEGEND OF FIGURES

Figure 1. Study flow chart.

Figure 2. Set of stretching exercised performed by the subjects with right hemiparesis post-stroke.

A: Pattern 1: Neck stretching; B: Pattern 2: Upper chest stretching; C: Pattern 3: Pectoralis major stretching; and D: Pattern 4: Lateral chest stretching.

Figure 3. Vital capacity and inspiratory capacity before and after intervention.

Quick Look:

Current Knowledge: There is evidence that stroke subjects present a restrictive ventilatory pattern due to impairment of respiratory mechanics, reduction in respiratory muscle pressure, asymmetry and reduction in chest wall displacement and ventilation. However, rehabilitation programs for post-stroke subjects do not include specific actions that aim to improve respiratory muscle and chest wall compliance.

What This Paper Contributes To Our Knowledge: In view of the changes in respiratory function observed in post-stroke subjects arising from the muscles responsible for breathing impairment, the respiratory muscles stretching demonstrated that acute effects improve the expansion of the respiratory system during tidal breathing.

TABLES

Table 1. Anthropometric, clinical, pulmonary function and respiratory muscle data.

Variables	Mean (SD)
Sex (F/M)	2/8
Age (years)	60 (5.7)
Height (m)	1.62 (0.07)
Weight (Kg)	75 (10)
BMI (kg/m ²)	28 (3.0)
Stroke time from last (months)	62 (58)
Barthel Index	98 (3.5)
MEEM	27 (3.5)
Ashworth Scale (shoulder, n)	
1	3
+1	3
2	1
3	3
VC (L)	2.90 (0.65)
IC (L)	2.47 (0.61)
FEV ₁ (L)	2.51 (0.49)
FEV ₁ (% _{pred})	82 (13)
FVC (L)	2.93 (0.56)
FVC (% _{pred})	74 (16)
FEV ₁ /FVC	86 (3.33)
FEV ₁ /FVC (% _{pred})	106 (4.74)
PEF (L/s)	5.12 (1.69)
PEF (% _{pred})	53 (13)
MIP (cmH ₂ O)	80 (30)
MIP (% _{pred})	78 (25)
MEP (cmH ₂ O)	93 (40)
MEP (% _{pred})	84 (30)

F: females; M: males; BMI: body mass index; MIP: maximal inspiratory pressure; MEP: maximal expiratory pressure; MEEM: mini mental state examination; VC: vital capacity; IC: inspiratory capacity; FEV₁: forced expiratory volume in the first second; FVC: forced vital capacity; PEF: peak expiratory flow; % pred: percentage from the predicted value.

Table 2. Ventilatory pattern during quiet breathing before and after interventions.

Variables	Interventions				Intra-intervention difference		Differences between interventions	Interventions X Time Effect <i>P</i> Value
	Before		After		After - Before		After – After	
	Control (n=10)	Stretch (n=10)	Control (n=10)	Stretch (n=10)	Control	Stretch	Stretch – Control	
V_T (L)	0.47 (0.09)	0.46 (0.09)	0.45 (0.11)	0.55 (0.14)	- 0.03 (0.06)	0.09 (0.09)	0.12 (0.06 to 0.18)	0.029
<i>P Value</i>	-	-	-	-		< 0.05	< 0.05	
T_{tot} (s)	3.47 (0.87)	3.46 (0.85)	3.57 (1.02)	3.33 (0.88)	0.10 (0.55)	-0.13 (0.31)	- 0.23 (-0.65 to 0.19)	0.248
<i>P Value</i>	-	-	-	-				
T_{insp} (s)	1.46 (0.35)	1.46 (0.41)	1.54 (0.49)	1.53 (0.44)	0.07 (0.24)	0.06 (0.21)	-0.01 (-0.23 to 0.21)	0.916
<i>P Value</i>	-	-	-	-				
T_{exp} (s)	2.00 (0.58)	1.99 (0.47)	2.03 (0.57)	1.8 (0.53)	0.03 (0.42)	-0.19 (0.22)	-0.22 (-0.48 to 0.04)	0.088
<i>P Value</i>	-	-	-	-				
T_{insp}/T_{tot}	43 (4.97)	43 (2.95)	43 (4.33)	46 (6.78)	0.29 (4.70)	4.07 (5.37)	3.78 (0.42 to 7.14)	0.031
<i>P Value</i>	-	-	-	-	0.860	0.024	0.022	
BR (ipm)	18 (3.66)	18 (4.26)	18 (4.44)	19 (4.04)	- 0.29 (3.00)	0.73 (1.69)	1.02 (-1.18 to 3.21)	0.321
<i>P Value</i>	-	-	-	-				
VE (L/min)	8.5 (1.82)	8.2 (1.5)	7.8 (2.10)	10.4 (3.5)	-0.72 (1.69)	2.18 (2.24)	2.90 (1.47 to 4.33)	0.001
<i>P Value</i>	-	-	-	-	0.271	0.004	< 0.01	
MIF (L/s)	0.34 (0.07)	0.33 (0.05)	0.30 (0.07)	0.38 (0.10)	-0.03 (0.05)	0.05 (0.07)	0.08 (0.02 to 0.15)	0.007
<i>P Value</i>	-	-	-	-			< 0.05	
MEF (L/s)	0.26 (0.07)	0.24 (0.05)	0.24 (0.08)	0.35 (0.17)	-0.02 (0.07)	0.10 (0.13)	0.13 (0.06 to 0.19)	0.002
<i>P Value</i>	-	-	-	-	0.586	0.007	< 0.01	

Data expressed as the mean (Standard Deviation) or Mean Change (Confidence Interval of 95%); V_T: tidal volume; T_{tot}: total time; T_{insp}: inspiratory time; T_{exp}: expiratory time; T_{insp}/T_{tot}: inspiratory time and duty cycle index; BR: breathing rate; VE: minute ventilation; MIF: mean inspiratory flow; MEF: mean expiratory flow. Interventions X Time Effect *P* Value: Two Way Repeated Measures ANOVA or Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks. *P Value*: post-hoc Holm-Sidak Test or post-hoc Tukey Test.

Table 3. Distribution of tidal volume in the different compartments considering the hemithorax sides during quiet breathing before and after interventions.

Variables	Interventions				Intra-interventions difference		Differences between interventions	Interventions X Time Effect <i>P</i> Value
	Before		After		After – Before		After – after	
	Control (n=10)	Stretch (n=10)	Control (n=10)	Stretch (n=10)	Control	Stretch	Stretch – Control	
Vt. cw	0.47 (0.09)	0.46 (0.09)	0.45 (0.11)	0.55 (0.14)	- 0.03 (0.06)	0.09 (0.09)	0.12 (0.06 to 0.18)	0.029
<i>P value</i>	-	-	-	-		< 0.05	< 0.05	
Vt.cw.r	0.25 (0.05)	0.24 (0.05)	0.24 (0.05)	0.28 (0.07)	-0.01 (0.04)	0.04 (0.06)	0.06 (0.01 to 0.10)	0.006
<i>P value</i>	-	-	-	-		< 0.05	< 0.05	
Vt.cw.l	0.22 (0.07)	0.22 (0.06)	0.21 (0.07)	0.27 (0.10)	-0.01 (0.04)	0.05 (0.09)	0.06 (0.01 to 0.12)	0.126
<i>P value</i>	-	-	-	-				
Vt. rcp	0.14 (0.04)	0.14 (0.07)	0.12 (0.03)	0.17 (0.08)	-0.02 (0.03)	0.03 (0.06)	0.05 (0.01 to 0.09)	0.028
<i>P value</i>	-	-	-	-	0.299	0.037	0.032	
Vt.rcp.r	0.07 (0.02)	0.07 (0.03)	0.07 (0.02)	0.09 (0.05)	-0.01 (0.02)	0.02 (0.04)	0.03 (0.00 to 0.06)	0.041
<i>P value</i>	-	-	-	-	0.614	0.023	0.030	
Vt. rcp.l	0.06 (0.03)	0.07 (0.04)	0.05 (0.02)	0.08 (0.04)	-0.01 (0.02)	0.01 (0.03)	0.02 (-0.00 to 0.04)	0.096
<i>P value</i>	-	-	-	-				
Vt.rca	0.06 (0.02)	0.07 (0.03)	0.06 (0.03)	0.08 (0.04)	0.01 (0.02)	0.00 (0.02)	-0.00 (-0.02 to 0.01)	0.761
<i>P value</i>	-	-	-	-				
Vt.rca.r	0.03 (0.01)	0.04 (0.02)	0.03 (0.01)	0.04 (0.02)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	-0.00 (-0.01 to 0.01)	0.848
<i>P value</i>	-	-	-	-				
Vt.rca.l	0.03 (0.01)	0.03 (0.02)	0.03 (0.02)	0.04 (0.02)	0.01 (0.01)	0.00 (0.01)	-0.00 (-0.01 to 0.01)	0.888
<i>P value</i>	-	-	-	-				
Vt.ab	0.28 (0.10)	0.25 (0.08)	0.27 (0.09)	0.30 (0.11)	-0.01 (0.06)	0.05 (0.08)	0.07 (0.01 to 0.12)	0.058
<i>P value</i>	-	-	-	-				
Vt.ab.r	0.15 (0.06)	0.13 (0.05)	0.14 (0.05)	0.15 (0.05)	-0.01 (0.03)	0.02 (0.04)	0.03 (-0.00 to 0.06)	0.075
<i>P value</i>	-	-	-	-				
Vt.ab.l	0.13 (0.06)	0.12 (0.05)	0.13 (0.05)	0.15 (0.07)	-0.01 (0.03)	0.03 (0.06)	0.04 (0.01 to 0.08)	0.293
<i>P value</i>	-	-	-	-				

Data expressed as the mean (Standard Deviation) or Mean Change (Confidence Interval of 95%). Vt,cw: total tidal volume; Vt,cw,r: volume of right chest wall; Vt,cw,l: volume of left chest wall; Vt,rcp: volume of pulmonary rib cage; Vt,rcp,r: volume of right pulmonary rib cage; Vt,rcp,l: volume of left pulmonary rib cage; Vt,rca: volume of abdominal rib cage; Vt,rca,r: volume of right abdominal rib cage; Vt,rca,l: volume of left abdominal rib cage; Vt,ab: volume of abdomen compartment; Vt,ab,r: volume of right abdominal compartment; Vt,ab,l: volume of left abdominal compartment. Interventions X Time Effect *P* Value: Two Way Repeated Measures ANOVA or Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks. *P* Value: post-hoc Holm-Sidak Test or post-hoc Tukey Test.

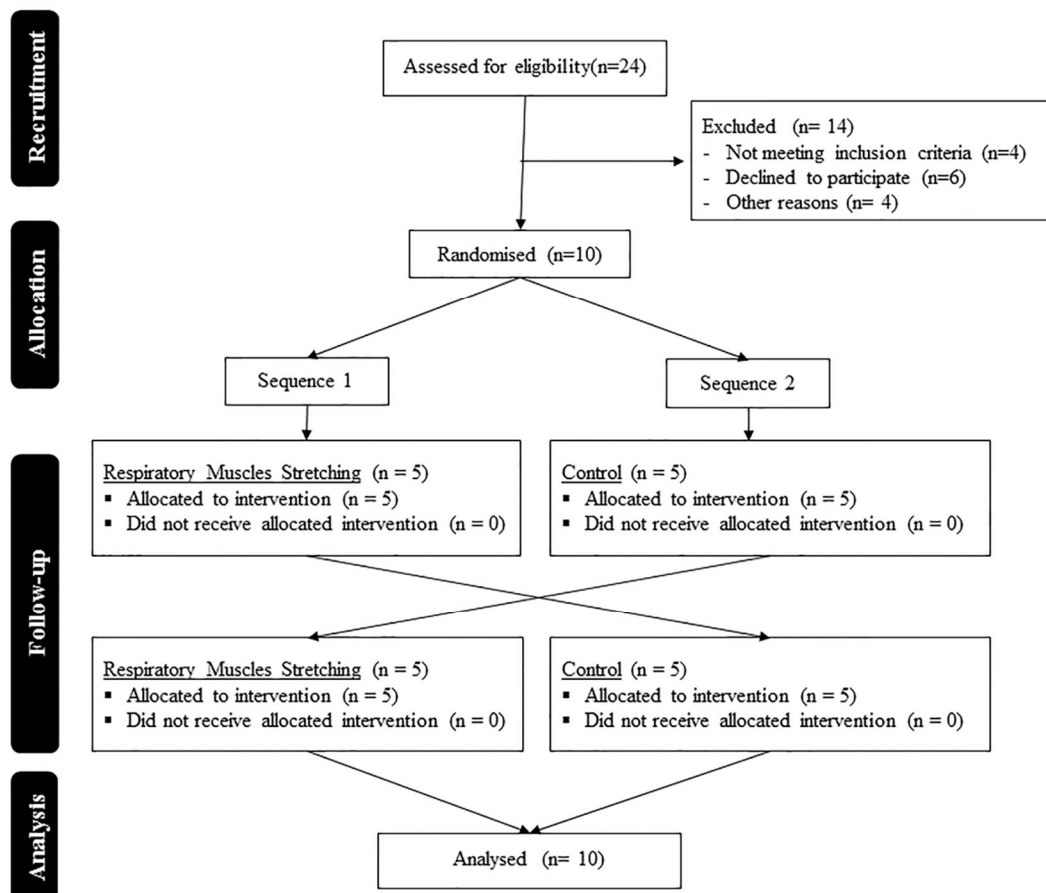


Figura 1.



Figura 2.

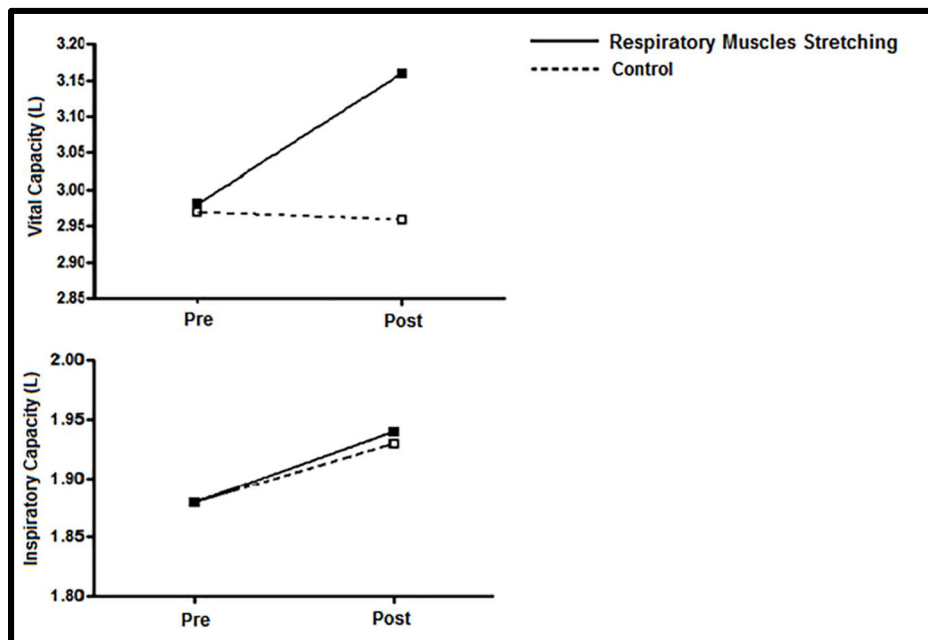


Figura 3.

ANEXO I

Aprovação do comitê de ética

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação das alterações respiratórias e efeitos de técnicas terapêuticas sob o sistema respiratório em indivíduos com hemiparesia decorrente de acidente vascular encefálico (ave).

Pesquisador: CATARINA RATTES

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 14011913.0.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 379.178

Data da Relatoria: 23/08/2013

Apresentação do Projeto:

Trata o presente protocolo de projeto de dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, da Universidade Federal de Pernambuco orientado pela professora Dr^a Arméle Dornelas de Andrade que será realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia de UFPE.

Trata-se de ensaio clínico do tipo crossover, controlado, randomizado com sigilo de alocação e duplo cego, onde será realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A população do estudo será composta por 80 (oitenta) indivíduos com hemiparesia à direita, acometidos por um único evento de AVE há mais de 3 meses, provenientes dos Ambulatórios de Neurologia de Hospitais da Rede do Serviço Único de Saúde (SUS) da cidade do Recife- PE.

O protocolo é dividido em dois estudos cujas hipóteses são:

Estudo 1

As técnicas de Breath Stacking e de Espirometria de Incentivo têm efeitos similares sobre a distribuição de ventilação pulmonar, de volumes compartimentais e mobilidade diafragmática em

indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de Acidente Vascular Encefálico (AVE).

Estudo 2

O Programa de Alongamento dos Músculos Respiratórios promove em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de Acidente Vascular Encefálico (AVE):

- a. Aumento da ventilação pulmonar (efeito agudo e crônico).
- b. Aumentos dos volumes compartimentais (efeito agudo e crônico).
- c. Aumento da mobilidade diafragmática (efeito agudo e crônico).
- d. Melhora da Qualidade de Vida (Crônico).

Objetivo da Pesquisa:

Os estudos têm por objetivos:

Estudo 1 - Avaliar os efeitos das técnicas de Breath Stacking (BS) e da Espirometria de Incentivo (EI) sobre a distribuição de ventilação pulmonar, de volumes compartimentais e mobilidade diafragmática em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de Acidente Vascular Encefálico (AVE).

Estudo 2 - Avaliar os efeitos agudos e crônicos de um Programa de Alongamento da Musculatura Respiratória (PAMR) sobre a distribuição de ventilação pulmonar, de volumes compartimentais, da mobilidade diafragmática e da qualidade de vida em indivíduos com hemiparesia à direita decorrente de Acidente Vascular Encefálico (AVE).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos envolvidos com sua participação são: inconveniência e constrangimento pela necessidade de despir a parte superior do tronco (tirar camisa, camiseta ou vestido) para avaliação através da Pletismografia óptico-eletrônica (POE), é um método moderno de avaliação da função respiratória com vasta capacidade de análises, e Tomografia de Impedância Elétrica e desconforto na região da face pela pressão causada pela fixação da máscara para a técnica de Breath Stacking, o que será minimizado através das seguintes providências: participação de equipe qualificada e o mínimo de exposição do paciente, adequação da máscara à face do paciente, e caso for necessário, interrupção ou suspensão do procedimento.

Os seguintes benefícios serão proporcionados ao participar da pesquisa: melhora da sensação de cansaço respiratório e dispneia após as técnicas de expansão pulmonar com consequente melhora das trocas gasosas e prevenção de atelectasias, flexibilização da caixa torácica após o

alongamento dos músculos respiratórios, auxílio na ampliação do conhecimento sobre métodos de avaliação das alterações respiratórias e adequação das técnicas terapêuticas e preventivas a fim de melhorar a qualidade de sobrevivência de pessoas que possuem o mesmo diagnóstico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de estudo relevante visto que acidente vascular encefálico (AVE) é uma doença dispendiosa devido ao grande número de mortes prematuras, às incapacidades contínuas em muitos sobreviventes, às repercussões para as famílias ou prestadores de assistência e às repercussões para os serviços de saúde. Diante de seu inegável impacto social, econômico e previdenciário a estimativa e compreensão das incapacidades após o AVE é alta prioridade para o sistema de cuidados em saúde.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória foram anexados à Plataforma Brasil.

Recomendações:

Rever ortografia.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Atendeu as pendências.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Colegiado aprova o parecer do protocolo em questão e o pesquisador está autorizado para iniciar a coleta de dados.

Projeto foi avaliado e sua APROVAÇÃO definitiva será dada, após a entrega do relatório final, através da PLATAFORMA BRASIL.

O Colegiado aprova o parecer do protocolo em questão e o pesquisador está autorizado para iniciar a coleta de dados.

Projeto foi avaliado e sua APROVAÇÃO definitiva será dada, após a entrega do relatório final, através da PLATAFORMA BRASIL.

RECIFE, 30 de Agosto de 2013

Assinador por:
GERALDO BOSCO LINDOSO COUTO
(Coordenador)

ANEXO II

Parecer final do comitê de ética

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação das alterações respiratórias e efeitos de técnicas terapêuticas sob o sistema respiratório em indivíduos com hemiparesia decorrente de acidente vascular encefálico (ave).

Pesquisador: CATARINA RATTES

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 14011913.0.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Envio de Relatório Final

Detalhe:

Justificativa: Envio de relatório final.

Data do Envio: 21/02/2014

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 538.852

Data da Relatoria: 28/02/2014

Apresentação da Notificação:

A notificação foi apresentada para avaliação do relatório final da pesquisa

Objetivo da Notificação:

O pesquisador solicita a aprovação do relatório final da pesquisa.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A notificação foi apresentada com o relatório final e o mesmo está adequado, com a indicação dos resultados e conclusão.

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

O pesquisador indicou a utilização do TCLE e informando os Riscos e Benefícios.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos foram considerados adequados.

Recomendações:

Recomendação:

Os benefícios devem ser informados diretamente aos pesquisados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado com recomendação.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Colegiado aprova o parecer da notificação do relatório final da pesquisa, tendo o mesmo sido avaliado e o protocolo aprovado de forma definitiva

RECIFE, 24 de Fevereiro de 2014

Assinador por:
GERALDO BOSCO LINDOSO COUTO
(Coordenador)

ANEXO III

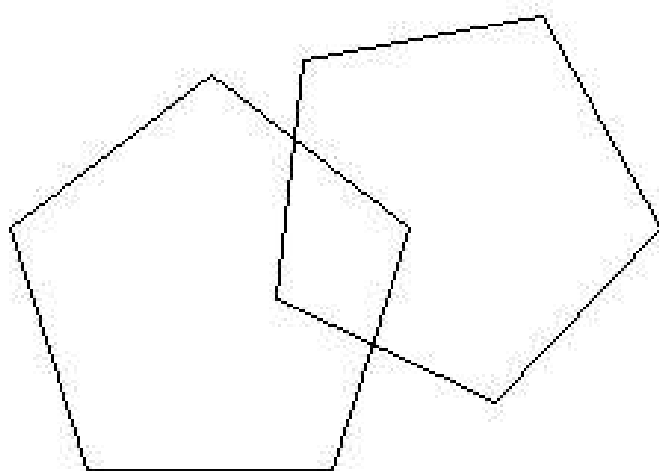
MINI EXAME DO ESTADO MENTAL

Orientação temporal	Pontos	Escore
Que dia é hoje?	1	
Em que mês estamos?	1	
Em que ano estamos?	1	
Em que dia da semana estamos?	1	
Qual a hora aproximada? Considere a variação de ± 1 hora	1	
Orientação espacial		
Em que local estamos? consultório, dormitório, sala – apontando para o chão	1	
Que local é este aqui? Apontando ao redor num sentido mais amplo: hospital, própria casa, casa de repouso	1	
Em que bairro nós estamos ou qual o nome de uma rua próxima?	1	
Em que cidade nós estamos?	1	
Em que estado nós estamos?	1	
Memória imediata		
Eu vou dizer três palavras e você irá repeti-las a seguir: carro, vaso, tijolo 01 ponto para cada palavra certa, embora possa repeti-la até 3X para o aprendizado, e houver erros	3	
Cálculo		
Subtração de setes seriadamente: 100-7, 93-7, 86-7, 79-7, 72-7 01 ponto para cada resultado correto. Se houver erro, corrija-o e prossiga. Considere correto se a pessoa espontaneamente se autocorrigir (OBS**)	5	
Evocação de palavras		
Quais as palavras que você acabou de repetir? 01 ponto para cada	3	
Nomeação		
Que objeto é este? Peça para nomear os objetos mostrados (relógio, caneta). 01 ponto para cada	2	
Repetição		
Preste atenção: vou lhe dizer uma frase e quero que você repita: “nem aqui, nem ali, nem lá” Considere somente se a repetição for perfeita (01 ponto)	1	
Comando		
Pegue este papel com sua mão direita (01 ponto), dobre-o ao meio (01 ponto) e coloque-o no chão (01 ponto)	3	
Leitura		
Mostre a frase escrita: “feche os olhos” e peça para o indivíduo fazer o que está sendo mandado. Não auxilie se pedir ajuda ou se só ler a frase sem realizar o comando	1	
Frase		
Peça para escrever uma frase. Se não compreender o significado, ajude com: alguma frase que tenha começo, meio e fim, alguma coisa que aconteceu hoje, alguma coisa que queira dizer. Não considere erros gramaticais ou ortográficos	1	
Cópia do desenho		
Mostre o modelo e peça para fazer uma cópia o melhor possível. Considere apenas se houver 2 pentágonos interseccionados (10 ângulos) formando uma figura de 4 lados ou com dois ângulos (01 ponto)	1	
TOTAL	30	

** Soletrar a palavra MUNDO de trás para frente (01 ponto para cada letra na posição correta)

Escreva uma frase:

Faça uma cópia deste desenho:



ANEXO IV

ESCALA MODIFICADA DE ASHWORTH

Grau	Descrição
0	Sem aumento do tônus muscular
1	Discreto aumento do tônus muscular, manifestado pelo apreender e libertar, ou por mínima resistência ao final da amplitude de movimento, quando a parte (ou as partes) afetada e movimentada em flexão ou extensão.
1+	Discreto aumento no tônus muscular, manifestado pelo apreender, seguido de mínima resistência através do resto (menos da metade) da amplitude de movimento.
2	Marcante aumento no tônus muscular através da maior parte da amplitude de movimento, porém as partes afetadas são facilmente movimentadas.
3	Considerável aumento do tônus muscular, movimentos passivos dificultados.
4	A parte (ou partes) afetada mostra-se rígida a flexão ou extensão.

ANEXO V

Índice de Barthel

Escala de Barthel

ATIVIDADE	PONTUAÇÃO
ALIMENTAÇÃO 0 = incapacitado 5 = precisa de ajuda para cortar, passar manteiga, etc, ou dieta modificada 10 = independente	
BANHO 0 = dependente 5 = independente (ou no chuveiro)	
ATIVIDADES ROTINEIRAS 0 = precisa de ajuda com a higiene pessoal 5 = independente rosto/cabelo/dentes/barbear	
VESTIR-SE 0 = dependente 5 = precisa de ajuda mas consegue fazer uma parte sozinho 10 = independente (incluindo botões, zippers, laços, etc.)	
INTESTINO 0 = incontinente (necessidade de enemas) 5 = acidente ocasional 10 = continente	
SISTEMA URINÁRIO 0 = incontinente, ou cateterizado e incapaz de manejo 5 = acidente ocasional 10 = continente	

USO DO TOILET 0 = dependente 5 = precisa de alguma ajuda parcial 10 = independente (pentear-se, limpar-se)	
TRANSFERÊNCIA (DA CAMA PARA A CADEIRA E VICE VERSA) 0 = incapacitado, sem equilíbrio para ficar sentado 5 = muita ajuda (uma ou duas pessoas, física), pode sentar 10 = pouca ajuda (verbal ou física) 15 = independente	
MOBILIDADE (EM SUPERFÍCIES PLANAS) 0 = imóvel ou < 50 metros 5 = cadeira de rodas independente, incluindo esquinas, > 50 metros 10 = caminha com a ajuda de uma pessoa (verbal ou física) > 50 metros 15 = independente (mas pode precisar de alguma ajuda; como exemplo, bengala) > 50 metros	
ESCADAS 0 = incapacitado 5 = precisa de ajuda (verbal, física, ou ser carregado) 10 = independente	

PONTUAÇÃO

TOTAL (0–100):

Orientações:

1. A pontuação na Escala Barthel refere-se ao que os sujeitos fazem e não ao que eles recordam ter feito um dia.
2. Seu principal objetivo é saber sobre o grau de independência em relação a qualquer tipo de ajuda (física ou verbal).
3. Se o sujeito não consegue ler o questionário, alguém pode ler o mesmo para ele. É permitido que algum amigo ou parente responda pelo sujeito (caso este esteja impossibilitado de responder).
4. Preferencialmente procure obter respostas relativas às últimas 48 horas, dependendo do caso, pode ser por períodos maiores.