

**DENISE MARIA SÁ MACHADO DINIZ**

**PADRÃO REGIONAL DE VENTILAÇÃO PULMONAR DURANTE  
AS TÉCNICAS DO *BREATH-STACKING* E INSPIRÔMETRO DE  
INCENTIVO AVALIADO PELA INALAÇÃO DE  
RADIOAEROSSOL**

Dissertação apresentada ao Colegiado do Mestrado em Fisiologia do Departamento de Fisiologia e Farmacologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Fisiologia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Armèle Dornelas de Andrade

RECIFE

2003

DENISE MARIA SÁ MACHADO DINIZ

**PADRÃO REGIONAL DE VENTILAÇÃO PULMONAR DURANTE AS  
TÉCNICAS DO *BREATH-STACKING* E INSPIRÔMETRO DE  
INCENTIVO PELA INALAÇÃO DE RADIOAEROSSOL**

Dissertação apresentada ao Colegiado do Mestrado em Fisiologia do Departamento de Fisiologia e Farmacologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Fisiologia.

Aprovado em: 30 /12 /03

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria Santos Cabral

DEPARTAMENTO DE FISIOLOGIA E FARMACOLOGIA DA UFPE/PE

---

Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Guerra

DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA DA UFRN/RN

---

Prof. Dr. Adriano Jorge Teixeira Lopes

INSTITUTO DE MEDICINA NUCLEAR DE FORTALEZA/CE

D585p Diniz, Denise Maria Sá Machado

Padrão regional de ventilação pulmonar durante as técnicas do *Breath stacking* e Inspirômetro de Incentivo pela inalação de radioaerossol/  
Denise Maria Sá Machado Diniz. – Recife, 2003.

95f. ; 30cm.

Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal de Pernambuco.  
Departamento de Fisiologia e Farmacologia do Centro de Ciências  
Biológicas.

Área de concentração: Fisiologia

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Armêle Dornelas de Andrade

1. Terapia respiratória 2. Respiração artificial I. Título.

CDD 615.836

## **Dedico este trabalho**

Aos meus pais, Francisco e Elvira Machado, pelo inesgotável esforço, incentivo e amor devotados a minha formação.

Ao meu marido, Gabriel Diniz, pelo amor, carinho e cumplicidade em todos os momentos da nossa desafiante jornada e pelo incentivo conferido no decorrer deste curso.

Ao meu filho Hugo Leonardo, que, através de seu amor incondicional, me ensinou a superar todas as adversidades.

A minha tia-mãe Christina Cavalcante Sá, pela firmeza e determinação nos conselhos, pelo carinho, dedicação e disponibilidade para ficar com meu filho nas infindáveis horas de ausência para estudo.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me fortalecer de fé, a qual possibilitou a superação de todos os obstáculos.

À professora doutora Armêle Dornelas de Andrade, pela orientação firme, carinho e dedicação durante a elaboração deste trabalho; pelo incentivo, confiança, amizade e valiosos conhecimentos repassados nestes anos de convivência, os quais possibilitaram a realização de mais um dos meus ousados sonhos.

À professora mestre Maria da Glória Rodrigues Machado, pelo exemplo de profissional, pelo incentivo e imensa disponibilidade durante todas as etapas de elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Adriano Lopes, pela credibilidade e confiança em disponibilizar o Instituto de Medicina Nuclear para realização de todos os exames cintilográficos, pelos conhecimentos passados sobre Medicina Nuclear e pela enorme ajuda na metodologia do trabalho.

Ao Dr. Maurício Mendes, pela imensa paciência e disponibilidade na análise das cintilografias, nos ajustes metodológicos; e pelos valiosos conhecimentos repassados sobre cintilografias pulmonares.

Aos pacientes, motivo de meu constante interesse para pesquisa.

Ao meu querido primo Rodrigo, pelo carinho e inestimável ajuda no transporte dos equipamentos para o Instituto de Medicina Nuclear e para o laboratório da Faculdade Integrada do Ceará.

A todos os funcionários do Instituto de Medicina Nuclear de Fortaleza, pela cordialidade e atenção durante os meses de convivência.

À FUNCAP – Fundação Cearense de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo valioso incentivo financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

À Elenir, da FUNCAP, pela educação e cordialidade.

Ao Dr. Valber, da Universidade Federal de Minas Gerais por fornecer todos os *kits* de DTPA necessários à realização dos exames.

À Dr.<sup>a</sup> Simone, pela agilidade e interesse na entrega do DTPA.

À professora Grace Maia, pelo incentivo e pela disponibilização dos equipamentos para realização dos experimentos.

À professora Tereza Morano, pelo carinho e incentivo constantes durante a realização da avaliação cardiorrespiratória.

Ao Dr. Cláudio Pimentel e ao Dr. Jessé Holanda, pelo enorme incentivo dado a esta pesquisa.

À professora Hermelinda Maia, pela amizade, incentivo e ensinamentos recebidos na formação deste trabalho e pelo exemplo de competência e dignidade.

À professora Tereza Câmara, pelo carinho e imensa disponibilidade na realização das provas de função pulmonar.

Ao professor Vasco Diógenes, pela amizade e incentivo para a realização deste trabalho.

À professora Patrícia Érika Marinho, por sua doçura e carinho, valiosos nos momentos de cansaço e ansiedade.

À professora Graça Araújo, pelo carinho e constante incentivo durante minha permanência no Recife.

A todos os professores do Mestrado em Fisiologia da Universidade Federal de Pernambuco, pelos valiosos ensinamentos.

Aos colegas de turma do Mestrado em Fisiologia, pela troca de conhecimentos, experiência e cumplicidade nos difíceis momentos juntos no Recife.

À Neida, pelo exemplo de determinação, paciência, força de vontade e pela companhia nas longas permanências no Recife.

A todos os alunos voluntários, pela paciência e disponibilidade nas prolongadas horas de realização dos exames.

À técnica em radiologia Estrela (Leda), pela amizade e incentivo, principalmente pela disponibilidade e paciência na preparação do radioaerossol e na manipulação da gama câmara.

A acadêmica Emanuele, pela inestimável ajuda nos desenhos e contagens das RÓIs.



“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza  
de seu sonho”

Eleonor Roosevelt

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>1.1</b>	<b>Hipótese</b> .....	22
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	22
1.2.1	Objetivo Geral.....	22
1.2.2	Objetivos Específicos.....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	24
<b>2.1</b>	<b>Ventilação Pulmonar</b> .....	24
<b>2.2</b>	<b>Manobras Respiratórias Utilizadas para Expansão Pulmonar</b> .....	27
2.2.1	Sustentação Máxima da Inspiração (SMI).....	28
2.2.2	Incentivadores Inspiratórios (II).....	29
2.2.3	<i>Breath-Stacking</i> (BS).....	32
<b>2.3</b>	<b>Cintilografia de Inalação Pulmonar</b> .....	35
<b>2.4</b>	<b>Inalação Pulmonar de Radioaerossóis</b> .....	36
2.4.1	Fatores que Influenciam a Deposição do Radioaerossol.....	40
2.4.2	<i>Clearance</i> do Radioaerossol.....	42
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	44
<b>4</b>	<b>ARTIGO SUBMETIDO AO PERIÓDICO:</b> .....	50
	Physical Therapy.....	50
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	78
<b>6</b>	<b>PERSPECTIVAS</b> .....	79
	<b>APÊNDICE</b> .....	80
	<b>ANEXOS</b> .....	83

<b>6</b> Radioaerosol deposition index (DI) in the central region when compared to the intermediate plus the peripheral, during the breath-stacking (BS), incentive spirometry (IS), and control techniques for the total group, male, and female subjects.....	<b>66</b>
---	-----------

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS EM PORTUGUÊS

bpm- Batimentos por minuto

BS- *Breath-stacking*

C- Controle

CI- Capacidade inspiratória

cmH<sub>2</sub>O- Centímetros de água

CPAP- Pressão positiva contínua nas vias aéreas

CRF- Capacidade residual funcional

CV- Capacidade vital

CVF- Capacidade vital forçada

FC- Frequência cardíaca

FR- Frequência respiratória

ID- Índice de deposição

ID<sub>CP</sub>- Índice de deposição na região central em relação à periférica

II- Inspirômetro de incentivo

IMC- Índice de massa corpórea

ipm- Incursões respiratórias por minuto

Kg- Quilogramas

Kr-81m- Criptônio 81 metaestável

Kr-85m- Criptônio 85 metaestável

L/s- Litros por segundo

Lmin- Litros por minuto

m- Metro

m<sup>2</sup>- Metro ao quadrado

mGy- mili Gray

ml- mililitros

mmHg- Milímetros de mercúrio

PA (máx)- Pressão arterial máxima

PA (min)- Pressão arterial mínima

PF- Pico de fluxo

Pimáx- Pressão inspiratória máxima

ROIs- Regiões de interesse

RPPI- Respiração com pressão positiva intermitente

SMI- Sustentação máxima da inspiração

SO<sub>2</sub>- Saturação sangüínea de oxigênio

VC- Volume corrente

VEF<sub>1</sub>- Volume expirado forçado no 1º segundo

VM- Volume-minuto

VR- Volume residual

VRE- Volume de reserva expiratório

Xe-127- Xenônio 127

Xe-133- Xenônio 133

ÄV/ÄP- Variação do volume pela variação da pressão

µm- micrômetro

mGy- mili Gray

µGy- micro Gray

## LISTA DE GRÁFICOS

- 1** Deposition Index (DI) of the radioaerosol in the lung: upper, middle, and lower thirds, during the techniques of breath-stacking (BS), incentive spirometry (IS), and control (C) for the total group..... 62
- 2** Deposition Index (DI) of the radioaerosol in the lung: upper, middle, and lower thirds, during the techniques of breath-stacking (BS), incentive spirometry (IS), and control for the male subjects..... 62
- 3** Radioaerosol deposition index (DI) in the lung central, intermediate, and peripheral regions, during the breath-stacking (BS), incentive spirometry (IS), and control techniques for the total group..... 64
- 4** Radioaerosol deposition index (DI) in the lung central, intermediate, and peripheral regions, during the breath-stacking (BS), incentive spirometry (IS), and control techniques for the male subjects..... 64
- 5** Radioaerosol deposition index (DI) in the lung central, intermediate, and peripheral regions, during the breath-stacking (BS), incentive spirometry (IS), and control techniques for the female subjects..... 65

<b>6</b> Radioaerosol deposition index (DI) in the central region when compared to the intermediate plus the peripheral, during the breath-stacking (BS), incentive spirometry (IS), and control techniques for the total group, male, and female subjects.....	<b>66</b>
---	-----------

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS EM INGLÊS**

Beats/min- beats / minute

BP- Blood pressure

BR- Breathing rate

BS- Breath-stacking

CPAP- continuous positive airway pressure

DI- Deposition index

FEV1- Forced expiratory volume in the first second

FVC- Forced vital capacity

HR- Heart rate

IBM- Index of body mass

IPPB- Intermittent positive pressure breathing

IS- Incentive spirometry

MV- Minute volume

Pi max- Maximum inspiratory pressure

Resp/rate/minute- respiratory / rate / minute

SO<sub>2</sub>- Blood oxygen saturation

SB- Spontaneous breath

TV- Tidal Volume



## LISTA DE TABELAS

<b>1</b> Mean value and standard deviation (SD) of age, weight, height, index of body mass (IBM) of the volunteers evaluated.....	60
<b>2</b> Mean and standard deviation (SD) of breathing rate (BR), heart rate (HR), oxygen saturation (SO <sub>2</sub> ), peak flow (PF), maximum inspiratory pressure (P <sub>imax</sub> ), minute volume (MV), tidal volume (TV), forced vital capacity (FVC), and forced expiratory volume in the first second (FEV <sub>1</sub> ) data for the cardiorespiratory evaluation.....	61
<b>3</b> Comparison of the radioaerosol deposition mean values in the upper, middle, and lower lung thirds, during the breath-stacking (BS), incentive spirometry (IS), and control techniques for the total group and for the female and male subjects.....	63
<b>4</b> Variables related to the cardiorespiratory monitoring: heart rate (HR), oxygen saturation (SO <sub>2</sub> ), and blood pressure (BP) during the application of the incentive spirometry technique (IS), breath-stacking (BS) and spontaneous breath (SB).....	67

## RESUMO

A manobra de sustentação máxima da inspiração (SMI) é utilizada para melhorar a ventilação através de inspirômetros de incentivos (II). O “*breath-stacking*” (BS) técnica alternativa ao II não necessita da cooperação do paciente. Os objetivos deste estudo foram analisar o padrão regional de deposição pulmonar, usando as técnicas de BS e II e correlacionar o volume máximo alcançado com o índice de deposição (ID) do radioaerossol. Foram estudados 18 voluntários, saudáveis, com idade de  $22,72 \pm 2,96$  no Instituto de Medicina Nuclear de Fortaleza e na Faculdade Integrada do Ceará. Foram medidos o volume pulmonar alcançado e a captação das imagens cintilográficas, durante as técnicas. O radioaerossol utilizado foi o  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA. Após a inalação, foram obtidas imagens na câmara de cintilação. Foi realizada uma medida cintilográfica em respiração espontânea, considerada imagem-controle (C). Foram delimitadas regiões de interesse (ROIS) e analisados o ID nos gradientes vertical e horizontal. Para análise estatística, utilizou-se ANOVA, teste t-Student pareado e correlação de Pearson. Para o grupo total, o II favoreceu a deposição em terço médio ( $p=0,03$ ) e região central ( $p<0,001$ ) e o BS em inferior ( $p=0,03$ ) e periférica ( $p<0,001$ ). No masculino, a deposição em terço superior ( $p=0,04$ ) foi favorecida pelo II. Não houve correlação entre o volume alcançado e a deposição durante BS e II, nem alteração no volume pulmonar alcançado durante as técnicas. Os resultados sugerem que a técnica de II proporciona um padrão regional de deposição do radioaerossol em vias aéreas centrais, enquanto a BS em vias aéreas de pequeno calibre.

**Palavras chaves:** Inspirômetro de incentivo, *breath-stacking*, sustentação máxima da inspiração, ventilação pulmonar,  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, cintilografia e aerossol.

## ABSTRACT

The sustained maximal inspiration (SMI) maneuver was utilized in order to improve ventilation through the incentive spirometry (IS). The breath-stacking (BS) technique which is an alternative to the IS and it does not require the patients acquaintance. The aim of this study was to analyze the regional pattern of the lung deposition, using the BS and IS techniques and correlate the maximum volume reached with the index of radioaerosol deposition (DI). Eighteen healthy volunteers aging  $22,72 \pm 2,96$  years, were studied in Universidade Federal de Pernambuco, Instituto de Medicina Nuclear de Fortaleza and Faculdade Integrada do Ceará. We have measured the pulmonary volume reached and the capture of scintigraphic images, during the application of the techniques. The radioaerosol used was the  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA. After inhalation, one obtained images from the scintigraph camera. A scintigraph measure of spontaneous respiration, referred to as control image (C), was performed. Regions of interest were delimited (ROIs) and analysed the vertical and horizontal gradients. For the statistical analysis one has used ANOVA test t-student paired, and Pearson correlation. For the total group the IS technique favored the deposition in the middle third ( $p=0.03$ ) and central region ( $p<0.001$ ), and the BS in the lower ( $p=0.04$ ) and peripheral ( $p<0.001$ ). For male subjects the deposition in the upper third ( $p=0.04$ ) was favored by the IS. It did occur correlation between the reached lung volume during the application of the techniques. Our results suggest that the IS technique provides a radioaerosol deposition regional pattern in the central airways, while the BS in the small caliber airways.

**Key words:** Incentive spirometry, breath-stacking, sustained maximal inspiration, pulmonary ventilation,  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, scintigraphic and aerosol