



Universidade de Brasília - UnB

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas

Efeitos da imersão, inclinação, mudança postural e
cinta abdominal sobre os volumes pulmonares e
pressão inspiratória nasal de pacientes com lesão
medular alta

Josevan Cerqueira Leal

Brasília-DF

2009

Josevan Cerqueira Leal

Efeitos da imersão, inclinação, mudança postural e
cinta abdominal sobre os volumes pulmonares e
pressão inspiratória nasal de pacientes com lesão
medular alta

Orientador: Paulo Sérgio Siebra Beraldo

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de Brasília, como parte
dos requisitos exigidos para obtenção do
título de Doutor em Ciências Médicas.

Brasília-DF

2009

LEAL, Josevan Cerqueira

Efeitos da imersão, inclinação, mudança postural e cinta abdominal sobre os volumes pulmonares e pressão inspiratória nasal de pacientes com lesão medular alta/Josevan Cerqueira Leal. Brasília, UnB, Faculdade de Medicina, 2009.

134p

Tese (Doutorado) ó Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina, 2009.

1. Lesão medular. 2. Função pulmonar. 3.Imersão. 4. Mudanças posturais. ó Tese. I. Tese (Doutorado) ó Faculdade de Medicina. II. Título.

À força maior que me trouxe até
aqui, o grande amor da minha vida,
minha noiva Thais.

Agradecimentos:

Ao **Dr. Paulo Sergio Siebra Beraldo**, em primeiríssimo lugar, pelo direcionamento, paciência e total apoio à realização dessa pesquisa e de toda minha história como pesquisador.

Ao Terapeuta Funcional **Sergio Ricardo Menezes Mateus**, pelo apoio e amizade em todos os momentos.

Aos funcionários do setor de **Hidroterapia** do Hospital SARAH Brasília ó Centro, pela colaboração na realização dos exames na piscina.

A todos os voluntários, **pacientes** e controles que com muita boa vontade aceitaram participar do estudo.

A equipe do **programa Lesado Medular**, pela colaboração indispensável na inclusão dos pacientes na pesquisa.

Aos profissionais do EquipHos pela confecção do equipamento utilizado nas aferições.

A minha **família**, em especial meus pais, irmãos e minha adorável sobrinha Sofia.

A todos que não foram citados, mas que indiretamente contribuíram na realização deste estudo.

“Não é a resposta que nos ilumina, mas sim a pergunta”

Eugene Ionesco

Sumário

RESUMO	IX
ABSTRACT	X
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE ANEXOS	XV
ABREVIATURAS E SIGLAS UTILIZADAS	XVI
INTRODUÇÃO	17
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	17
REVISÃO DA LITERATURA.....	18
<i>Lesão medular</i>	18
Classificação.....	19
Alterações pulmonares.....	21
Volumes e capacidades.....	23
Pressões respiratórias.....	28
Pressão inspiratória nasal durante o fungar.....	29
Imersão.....	31
Função pulmonar de indivíduos hígidos durante a imersão.....	32
Inclinação e mudança postural.....	33
Cinta abdominal.....	37
OBJETIVOS	40
CASUÍSTICA, MATERIAL E MÉTODOS	41
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	41
DELINEAMENTO.....	41
CASUÍSTICA.....	41
<i>Grupos</i>	41
Tetraplégico.....	41
Controle.....	44
CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	46
PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS.....	46
<i>Protocolo conduzido no Setor de Hidroterapia</i>	46
<i>Protocolos conduzidos no Laboratório de Função Cardiopulmonar</i>	49
<i>Parâmetros de função pulmonar</i>	52
Espirometria.....	52
Volumes pulmonares.....	53
Pressão inspiratória nasal durante o fungar – PInas.....	54
PROCESSAMENTO DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	55
RESULTADOS	56
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	56
AVALIAÇÃO BASAL.....	56
<i>Parâmetros espirométricos</i>	56
<i>Volumes pulmonares</i>	57
<i>Pressão inspiratória nasal ao fungar (PInas)</i>	57
AVALIAÇÃO DURANTE OS PROTOCOLOS.....	61
<i>Imersão</i>	61
<i>Inclinação</i>	68
<i>Mudança postural</i>	73
<i>Cinta abdominal</i>	78
CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS.....	83
<i>Volumes e capacidades</i>	83
<i>Pressão inspiratória nasal ao fungar (PInas)</i>	86
DISCUSSÃO	88
RESUMO.....	88

VALIDADE INTERNA E EXTERNA	89
LIMITAÇÕES DO ESTUDO	91
VOLUMES PULMONARES	92
<i>Imersão</i>	93
<i>Inclinação, mudança postural e cinta abdominal</i>	97
PRESSÃO INSPIRATÓRIA NASAL AO FUNGAR (PÍNAS)	99
INFLUÊNCIA DA VOLEMIA	106
PERSPECTIVAS.....	108
CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXOS.....	122

Resumo

Introdução: As alterações pulmonares da lesão medular alta estão relacionadas com a fraqueza da musculatura abdominal e o conseqüente aumento da complacência abdominal e rebaixamento do diafragma. Quatro situações corriqueiras entre esses pacientes, imersão, inclinação, mudança postural e o uso da cinta abdominal, sugerem um reposicionamento do diafragma, melhorando a capacidade vital. Ainda persistem dúvidas sobre quais os reais mecanismos envolvidos nessa melhora.

Objetivos: Descrever o comportamento da capacidade vital, capacidade pulmonar total e volume residual, em pacientes tetraplégicos, bem como a pressão inspiratória nasal ao fungar (PINas), durante a imersão, inclinação, mudança postural e utilização de cinta abdominal.

Métodos: Foram estudados 15 pacientes tetraplégicos (C4 a C7) e 12 indivíduos hígidos, todos do sexo masculino, com idades médias de 27 e 30 anos, respectivamente. Os indivíduos foram submetidos a avaliação espirométrica, de volumes pulmonares e PINas. Todos esses parâmetros foram aferidos antes e durante a imersão ao nível dos ombros (com utilização de manguitos na raiz das coxas), variação aleatória da inclinação (0°, -20° e +20°), mudança postural e uso de cinta abdominal.

Resultados: Os tetraplégicos exibiram distúrbio ventilatório restritivo, caracterizado por redução das capacidades pulmonar total e vital, respectivamente, de 79% e 52% do previsto, enquanto o grupo controle ficou dentro do esperado (acima de 80%). Os quatro protocolos (analisados no sentido do deslocamento cranial do diafragma) tiveram comportamento semelhante dentro de cada grupo, embora com algumas peculiaridades. Entre os tetraplégicos, as maiores modificações foram com a imersão e a mudança postural (até 30% de variação), com melhora das capacidades vital e inspiratória. A capacidade residual funcional diminuiu em todos os protocolos (em torno de 20%), exclusivamente pela redução no volume residual. Nos controles houve pouca modificação da capacidade vital, com melhora da capacidade inspiratória. A capacidade residual funcional diminuiu em todos os protocolos, porém, ao contrário dos pacientes, exclusivamente pela redução no volume de reserva expiratório. Ambos os grupos exibiram pouca variação da capacidade pulmonar total. Embora a capacidade residual funcional tenha diminuído de forma equivalente nos grupos (cerca de 25%), a PINas somente mostrou melhora entre os tetraplégicos (em torno de 15%), com exceção do protocolo da cinta abdominal.

Discussão: Os resultados demonstraram que a melhora na capacidade vital entre os tetraplégicos foi decorrente da redistribuição de volumes. Embora a capacidade residual funcional tenha diminuído em ambos os grupos, a PINas melhorou somente entre os pacientes. Muito mais que interpretar como evidência no sentido de melhora na força diafragmática, considerando que a capacidade pulmonar total permaneceu inalterada, preferimos interpretar esse resultado como decorrente do fato de que os dois grupos estão operando em pontos distintos na curva pressão-volume.

Conclusão: As quatro situações investigadas promovem melhora na capacidade vital entre pacientes tetraplégicos, às custas de redistribuição de volumes pulmonares, com significativa redução no volume residual e, por conseguinte, da capacidade residual funcional. Considerando que as trocas gasosas ocorrem nesse último parâmetro da função pulmonar, concluímos que os reais benefícios na utilização desses protocolos precisam ser revistos.

Abstract

Introduction: The pulmonary alterations in tetraplegic patients have a common origin, related to weakness of the abdominal muscles, a consequent increase in abdominal compliance and lowering the diaphragm. Four situations of everyday use in these patients, immersion, tilting with head down, change in posture from sitting to lying and using the abdominal binder, which seem to reposition the diaphragm, increasing vital capacity. The benefits of these situations also still need to be considered.

Objectives: To describe the changes of lung volumes, especially total lung capacity and residual volume in tetraplegic patients, and the nasal inspiratory pressure to sniff (SNIP), in the following clinical situations: immersion, tilt, postural change and abdominal binder use.

Methods: We studied 15 tetraplegic patients (C4 to C7) and 12 healthy individuals, all male, mean age of 27 and 30 years respectively. The individuals were submitted to four protocols on two different days, which consisted of spirometry, lung volume and SNIP. All these parameters were measured before and during immersion to the shoulders (used cuffs placed at the bases of the thighs), change in tilt (0°, -20° and +20°), postural change and use of abdominal binder.

Results: The quadriplegic patients showed a restrictive ventilatory disorder, characterized by a reduction of total lung capacity and vital capacity by, 79% and 52% of predicted, respectively, while the control group showed as expected (> 80%). In general, considering the percentage changes, the four protocols (always analyzed in terms of displacement of the cranial diaphragm) had a similar behavior within each group, with some characteristics. Thus, among the tetraplegic, the biggest changes were with the immersion and postural change (up to 30% variation), with improvement in vital capacity and inspiratory. The functional residual capacity decreased in all protocols, only by reduction in residual volume. In the control group there was little change in vital capacity, with improvement in inspiratory capacity. The functional residual capacity decreased in all protocols but, unlike the patients, only by the reduction of expiratory reserve volume. Both groups showed little change in total lung capacity. Although the functional residual capacity decreased equivalently in groups, the SNIP only showed improvement in quadriplegic patients, except for the abdominal binder use.

Discussion: The results showed that the improvement in vital capacity in quadriplegic patients was due to a simple redistribution of volumes. Although the functional residual capacity decreased in both groups, the SNIP has improved only among patients. Much more than interpret as evidence towards improved diaphragm strength, whereas the total lung capacity remained unchanged, we prefer to interpret this result as due to the fact that both groups are operating at different points in the pressure-volume curve.

Conclusion: The four cases investigated, in spite their different specifications, promoting an improvement in vital capacity of tetraplegic patients by a redistribution of lung volumes, with a significant reduction in residual volume and, therefore, functional residual capacity. Whereas gas exchange occurs in the latter parameter of lung function, we conclude that the real benefits of using these protocols need to be reviewed.

Lista de tabelas

Tabela 1 - Classificação da extensão da lesão medular.....	20
Tabela 2 - Músculos-chaves avaliados para a classificação do nível motor da lesão.....	20
Tabela 3 - Dados antropométricos dos individuais do grupo tetraplégico.....	43
Tabela 4 - Dados antropométricos individuais do grupo controle.....	45
Tabela 5 - Parâmetros espirométricos individuais (para pacientes tetraplégicos apenas) e médias das manobras lenta e forçada (percentual do previsto) dos grupos tetraplégico e controle.....	47
Tabela 6 - Volumes pulmonares individuais (para pacientes tetraplégicos apenas) e médias (percentual do previsto) dos grupos tetraplégico e controle.....	48
Tabela 7 - Pressão inspiratória nasal durante o fungar (PInas, cmH ₂ O) individuais (para pacientes tetraplégicos apenas) e médias (valores observados, percentual do previsto e limite inferior de normalidade) dos grupos tetraplégico e controle.....	49
Tabela 8 - Mudanças percentuais do grupo tetraplégico (comparadas com o valor basal [1-2 e 1-3] e com a imersão com manguito insuflado [2-3]) da capacidade vital, volume residual, capacidade residual funcional e capacidade pulmonar total nos três momentos estudados.....	53
Tabela 9 - Mudanças percentuais do grupo controle (comparadas com o valor basal [1-2 e 1-3] e com a imersão com manguito insuflado [2-3]) da capacidade vital, volume residual, capacidade residual funcional e capacidade pulmonar total nos três momentos estudados.....	54
Tabela 10 - Valores absolutos, médios e variação percentual da pressão inspiratória ao fungar no grupo tetraplégico dentro e fora da piscina.....	56
Tabela 11 - Valores absolutos, médios e variação percentual da pressão inspiratória ao fungar no grupo controle dentro e fora da piscina.....	56
Tabela 12 - Mudanças percentuais e valores médios (dp) dos volumes e capacidades pulmonares em ambos os grupos (comparadas com a posição deitada 0° [1-2 e 1-3] e com posição inclinada +20° [2-3]) nos três momentos estudados do protocolo de inclinação.....	59
Tabela 13 - Valores absolutos, médios e variação percentual da pressão inspiratória ao fungar nos testes de inclinação (comparadas com a posição deitada 0° [1-2 e 1-3] e com posição inclinada +20° [2-3]).....	61

Tabela 14 - Mudanças percentuais e valores médios (dp) dos volumes e capacidades pulmonares em ambos os grupos nos dois momentos estudados do protocolo de mudança postural.....	63
Tabela 15 - Valores absolutos, médios e variação percentual da PInas durante a mudança postural em ambos os grupos.....	66
Tabela 16 - Mudanças percentuais e valores médios (dp) dos volumes e capacidades pulmonares em ambos os grupos nos dois momentos estudados do protocolo da cinta abdominal.....	68
Tabela 17 - Valores absolutos, médios e variação percentual da PInas com o uso da cinta abdominal em ambos os grupos.....	71

Lista de Figuras

Figura 1 - Diagrama mostrando os níveis de inervação da musculatura inspiratória e expiratória. Adaptado de Schilero e cols.....	22
Figura 2 - Definição e distribuição dos volumes e capacidades pulmonares. CPT ó capacidade pulmonar total; CV ó capacidade vital; VR ó volume residual; VRI ó volume de reserva inspiratório; VRE ó volume de reserva expiratório; CI ó capacidade inspiratória; CRF ó capacidade residual funcional e VC - volume corrente. Adaptado de Wanger e cols.....	25
Figura 3 - Esse gráfico ilustra a distribuição dos volumes pulmonares e os mecanismos envolvidos na redução da capacidade vital (CV). Para melhor visualização mostramos o padrão esperado em indivíduos hígidos. Por definição, distúrbio ventilatório restritivo é caracterizado por redução da capacidade pulmonar total (CPT). Grosseiramente, nas restrições parenquimatosas temos redução de todos os componentes da capacidade pulmonar total de forma proporcional. Nas doenças neuromusculares gerais (são mais de 30 diagnósticos) temos aumento do volume residual (VR), com fraqueza diafragmática. Na lesão medular onde, ao contrário, temos preservação do diafragma, a redução da capacidade pulmonar total é menos expressiva. Demais abreviações, VRE= volume de reserva expiratório; CI= capacidade inspiratória; CRF= capacidade residual funcional.....	26
Figura 4 - Efeitos das posições extremas na capacidade vital de um paciente tetraplégico. Adaptado do estudo clássico de Cameron e cols.....	35
Figura 5 - Protocolo conduzido no Setor de Hidroterapia.....	37
Figura 6 - Protocolos de investigação conduzidos no Laboratório de Função Cardiopulmonar.....	40
Figura 7 - Médias (dp) da capacidade vital, volume de reserva expiratória, volume residual e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos três momentos do protocolo de imersão (basal, manguito insuflado [cuff-on] e desinsuflado [cuff-off]), entre os grupos tetraplégico e controle.....	55
Figura 8 - Médias (dp) da capacidade vital, volume de reserva expiratória, volume residual e capacidade pulmonar total basal nos três momentos do protocolo de inclinação, entre os grupos tetraplégicos e controles.....	60

- Figura 9** - Médias (dp) da capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratório (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos dois momentos do protocolo de mudança postural do grupo tetraplégico.....64
- Figura 10** - Médias (dp) da capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratório (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos dois momentos do protocolo de mudança postural do grupo controle.....65
- Figura 11** - Médias (dp) da capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratório (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos dois momentos do protocolo da cinta abdominal do grupo tetraplégico.....69
- Figura 12** - Médias (dp) da capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratória (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos dois momentos do protocolo da cinta abdominal do grupo controle.....70
- Figura 13** - Consolidação dos resultados (média da variação percentual) dos volumes e capacidades pulmonares* nos quatro protocolos estudados.....74
- Figura 14** - Consolidação dos resultados (média da variação percentual) da pressão inspiratória nasal ao fungar (PInas) e da capacidade residual funcional (CRF) nos quatro protocolos estudados.....76

Lista de Anexos

Anexo A - Termo de consentimento.....	112
Anexo B ó Síntese dos principais resultados encontrados nos artigos que investigaram os efeitos pulmonares da imersão em indivíduos hígidos.....	113
Anexo C - Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares no grupo tetraplégico (comparadas com a posição deitada 0° [1-2 e 1-3] e com posição inclinada +20° [2-3]) nos três momentos estudados do protocolo de inclinação.....	114
Anexo D - Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares no grupo controle (comparadas com a posição deitada 0° [1-2 e 1-3] e com posição inclinada +20° [2-3]) nos três momentos estudados do protocolo de inclinação.....	115
Anexo E - Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares do grupo tetraplégico no protocolo de mudança postural. Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares do grupo controle no protocolo de mudança postural.....	116
Anexo F - Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares do grupo tetraplégico no protocolo da cinta abdominal. Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares do grupo controle no protocolo da cinta abdominal.....	117
Anexo G - Classificação da associação americana de lesão medular.....	118
Anexo F ó Redistribuição dos volumes e capacidades pulmonares.....	130

Abreviaturas e Siglas utilizadas

Definição	
ASIA	<i>American Spinal Injury Association</i>
ATS	<i>American Thoracic Society</i>
CI	Capacidade inspiratória
CPT	Capacidade pulmonar total
CRF	Capacidade residual funcional
CV	Capacidade vital
CVF	Capacidade vital forçada
IMC	Índice de massa corpórea
PI_{nas}	Pressão inspiratória nasal ao fungar
VEF₁	Volume expiratório forçado no 1º segundo
VEF₁/CVF%	Razão entre o volume expiratório forçado no 1º segundo e a capacidade vital forçada
VR	Volume residual
VRE	Volume de reserva expiratório

Introdução

Considerações iniciais

O presente estudo segue uma linha de pesquisa iniciada em 2001, no Hospital SARAH - Brasília, com a investigação dos efeitos da imersão em água, na altura dos ombros, sobre os parâmetros espirométricos de indivíduos com lesão medular.¹ Constatamos que esses pacientes melhoraram significativamente a capacidade vital quando imersos. Essa melhora relacionou-se com o nível da lesão, ou seja, pacientes tetraplégicos apresentaram aumento da capacidade vital mais significativo que os paraplégicos. Posteriormente, a mesma avaliação foi conduzida, considerando diferentes níveis de imersão e a utilização de estimador da volemia.² Concluimos que a melhora da capacidade vital nesses indivíduos ocorreu devido à pressão hidrostática e fluutuabilidade, que pressiona o diafragma para uma posição mecanicamente mais favorável, independente da variação da volemia.

Porém, algumas dúvidas ainda ficaram por ser esclarecidas. Portanto, conduzimos o projeto que se segue, a fim de identificar a real mudança nos parâmetros de função pulmonar durante a imersão e outras situações que, sabidamente, deslocam o diafragma cranialmente, como inclinação, mudança postural e uso de cinta abdominal. Levamos em conta, principalmente, dados ainda não investigados nas pesquisas anteriores, como a capacidade pulmonar total, o volume residual e a força muscular inspiratória.

Antes de detalhar o protocolo de investigação do presente estudo, as principais alterações pulmonares descritas nos indivíduos com lesão medular cervical traumática e suas relações com a imersão, inclinação, mudanças posturais e uso de cinta abdominal, de interesse no âmbito dessa investigação, serão revistas.

Revisão da literatura

Lesão medular

O Papiro de Edwin Smith, com aproximadamente 5.000 anos, é considerado a mais antiga referência relatando casos de indivíduos vítimas de lesão medular traumática. Nesse documento são relatados casos de trauma, enfocando questões clínicas críticas na lesão medular como, por exemplo, as repercussões respiratórias e seu prognóstico sombrio.³

Com o passar dos anos, a tecnologia e o progresso nas pesquisas clínicas estão mudando o prognóstico da lesão medular traumática. A expectativa e a qualidade de vida destes pacientes vem aumentando de forma expressiva. Na I Guerra mundial, a mortalidade dos soldados americanos com lesão medular foi de 95% no primeiro ano após o trauma. Já na II Guerra mundial, 2.500 soldados americanos foram diagnosticados com lesão medular traumática. Desses, 70% retornaram para casa com capacidade para dirigir um carro e 60% conseguiram recolocação no mercado de trabalho.⁴ Nas últimas décadas esses percentuais vem aumentando de forma significativa.⁵

Atualmente, a sobrevida média de indivíduos que sofreram lesão medular entre 25 e 34 anos de idade é superior a mais 38 anos de vida.^{5;6} Algumas pesquisas revelam que 54% das lesões medulares traumáticas ocorrem em indivíduos na faixa etária entre 16 e 30 anos, sendo quatro vezes mais freqüente em homens que mulheres.^{7;8}

Classificação

Com o objetivo de padronizar a nomenclatura quanto à caracterização da lesão medular traumática, a *American Spinal Injury Association* (ASIA) criou escalas para classificação desses pacientes, que são adotadas nos maiores centros de referência do mundo e também no presente estudo. Através dessas escalas, é definida a extensão, o nível motor e o nível sensitivo da lesão. Com base no exame sensitivo, tátil e doloroso dos dermatômos, bem como da força dos músculos abaixo do nível da lesão, categoriza-se a extensão do comprometimento medular entre A, B, C, D e E (Tabela 1). O nível motor é definido pelo teste manual dos músculos chaves (Tabela 2).⁹

Tabela 1 ó Classificação da extensão da lesão medular.⁹

ASIA	Descrição
A	Ausência de função sensitiva ou motora abaixo do nível da lesão.
B	Lesão incompleta. Função sensitiva preservada abaixo do nível neurológico, incluindo S4-S5, porém, sem função motora.
C	Lesão incompleta. Função motora preservada abaixo do nível neurológico e mais da metade dos músculos chaves abaixo do nível neurológico com grau abaixo de 3 (0-2).
D	Lesão incompleta. Função motora preservada abaixo do nível neurológico e no mínimo metade dos músculos chaves abaixo do nível neurológico com grau igual ou maior que 3.
E	Sem evidencia de lesão. Função sensitiva e motora preservada.

Tabela 2 ó Músculos chaves avaliados para a classificação do nível motor da lesão.⁹

Nível motor	Músculo chave
C5	Flexor do cotovelo
C6	Extensor de punho
C7	Extensor de cotovelo
C8	Flexor dos dedos
T1	Abdutor do dedo mínimo
L2	Flexor de quadril
L3	Extensor do joelho
L4	Dorsiflexor do tornozelo
L5	Extensor longo do hálux
S1	Flexor plantar do tornozelo

Alterações pulmonares

A lesão medular traumática promove uma série de mudanças nos diversos sistemas do organismo. Alterações na contração muscular voluntária, no tônus muscular e sensibilidade, disfunção respiratória, vesical, cardiovascular e da termoregulação são considerados efeitos primários da lesão medular.¹⁰ As complicações pulmonares, por sua vez, estão altamente relacionadas com os índices de morbidade e mortalidade, especialmente entre tetraplégicos.¹¹ O risco de óbito por pneumonia é no mínimo dez vezes maior nesses indivíduos, quando comparado com a população geral.¹²

O paciente com lesão medular cervical apresenta grande dificuldade de tossir e expectorar secreções, aumentando o risco de complicações como atelectasias e pneumonias. Esse quadro clínico característico é resultante, primariamente, da paralisia dos principais músculos expiratórios.¹³

Uma peculiaridade da disfunção pulmonar própria dos pacientes com lesão medular, que não ocorre nas demais doenças neuromusculares, guarda íntima relação com a segmentação dos músculos inspiratórios e expiratórios (Figura 1).¹⁴ Devido a essa particularidade esses pacientes apresentam o fenômeno de platipnéia, ou seja, dispnéia ao assumir posições ortostáticas.

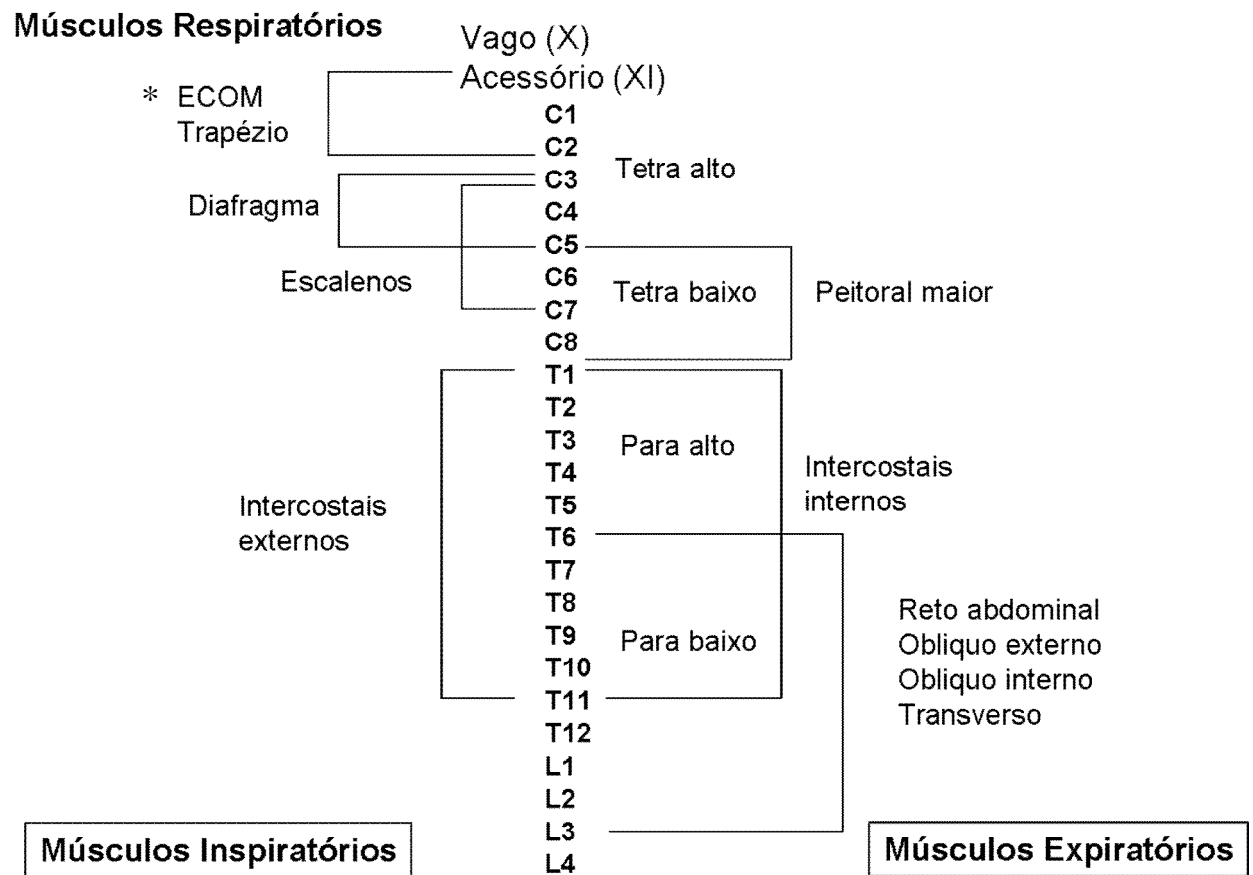


Figura 1 ó Diagrama mostrando os níveis de inervação da musculatura inspiratória e expiratória. Adaptado de Schilero e cols.¹⁴

* ECOM, esternocleidooccipitomastóideo.

As fibras musculares do diafragma são inervadas pela porção anterior do terceiro, quarto e quinto ramos cervicais, que formam o nervo frênico. Lesões nesses níveis, invariavelmente, afetam a função diafragmática. Nas lesões mais altas, ou seja, primeira e segunda vértebras cervicais, apenas o esternocleidomastóideo e o trapézio mantêm a função inspiratória, tornando incompatível com a vida, sem assistência ventilatória mecânica.¹⁵ Caso a lesão seja abaixo da terceira vértebra cervical, é possível a ventilação espontânea, devido à preservação, mesmo que parcial, da função diafragmática.^{15:16}

Desta forma, a preservação da musculatura inspiratória e a ausência de contração da musculatura expiratória são as principais alterações da mecânica respiratória na lesão medular alta. A paralisia dos músculos abdominais contribui para a ineficiência inspiratória, aumentando a complacência abdominal, deixando o diafragma numa posição mais inferior e horizontal.¹⁷ Isto ocorre porque o conteúdo abdominal funciona como fulcro, onde através das zonas de aposição, expande a caixa torácica.¹³ Esta relação parece explicar, pelo menos em parte, as alterações dos volumes e capacidades pulmonares em tetraplégicos durante a imersão, inclinação, mudança postural e uso da cinta abdominal, como será visto adiante.

Volumes e capacidades

A fraqueza muscular típica destes indivíduos reflete diretamente nos volumes e capacidades pulmonares. A capacidade vital é composta pela capacidade inspiratória e pelo volume de reserva expiratório (Figura 2). No caso dos tetraplégicos, a capacidade vital é formada quase que exclusivamente pela capacidade inspiratória, já que o volume de reserva expiratório é extremamente baixo, devido a ausência de contração dos músculos abdominais (Figura 3). Quando o indivíduo consegue mobilizar certo volume

de reserva expiratório isso ocorre devido à contração de músculos como o grande dorsal e a porção clavicular do peitoral maior.¹⁸⁻²⁰

Para facilitar o entendimento das particularidades envolvidas na redução da capacidade vital idealizamos a Figura 3, que ilustra a distribuição dos volumes pulmonares. Para melhor visualização dos fenômenos aqui envolvidos mostramos também o padrão esperado em indivíduos hígidos. Por definição, distúrbio ventilatório restritivo é caracterizado por redução da capacidade pulmonar total.²¹ Grosseiramente, nas restrições parenquimatosas temos diminuição de todos os componentes da capacidade pulmonar total de forma proporcional. Nas doenças neuromusculares gerais, com mais de 30 diagnósticos possíveis, temos fraqueza diafragmática e aumento do volume residual, além de redução do volume de reserva expiratório.^{22;23} Na lesão medular, onde ocorre preservação do diafragma, a redução da capacidade pulmonar total é menos expressiva.

Chamamos atenção que uma particularidade da lesão medular, em relação às demais condições neuromusculares, é a manutenção da integridade diafragmática.²⁴ Vale destacar que a disfunção pulmonar na lesão medular tem características marcantes em relação às demais doenças neuromusculares. Enquanto os primeiros melhoram a capacidade vital com o supino, os últimos pioram. Em 2007, um roteiro de avaliação funcional de pacientes portadores de doenças neuromusculares, publicado em nosso país, considera que toda queda na capacidade vital superior a 20%, entre a posição sentada e deitada, deve ser investigada como indicativo de disfunção diafragmática, sem nenhum comentário acerca de um eventual comportamento contrário (platipnéia).²⁴

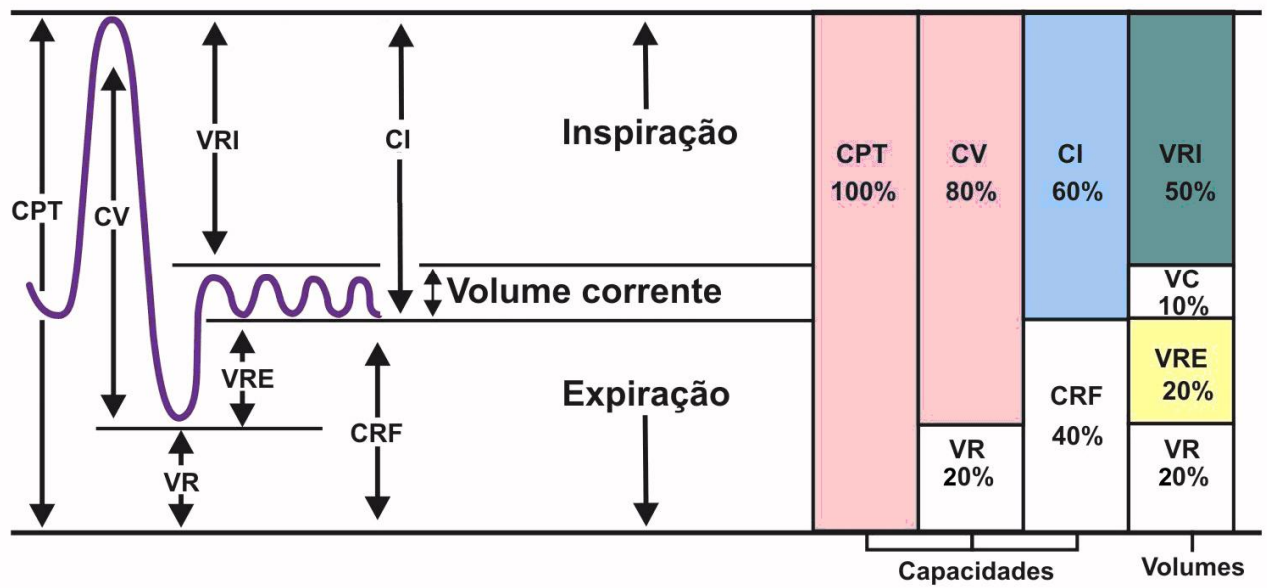


Figura 2 - Definição e distribuição dos volumes e capacidades pulmonares. CPT ó capacidade pulmonar total; CV ó capacidade vital; VR ó volume residual; VRI ó volume de reserva inspiratório; VRE ó volume de reserva expiratório; CI ó capacidade inspiratória; CRF ó capacidade residual funcional e VC - volume corrente. Adaptado de Wanger e cols.²¹

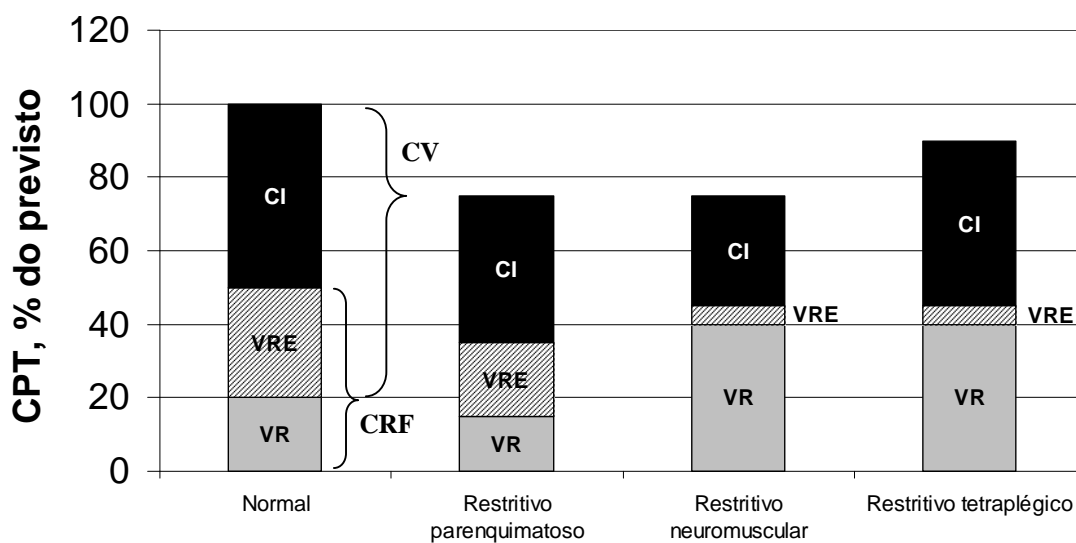


Figura 3 - Esse gráfico ilustra a distribuição dos volumes pulmonares e os mecanismos envolvidos na redução da capacidade vital (CV). Para melhor visualização mostramos o padrão esperado em indivíduos hígidos. Por definição, distúrbio ventilatório restritivo é caracterizado por redução da capacidade pulmonar total (CPT). Grosseiramente, nas restrições parenquimatosas temos redução de todos os componentes da capacidade pulmonar total de forma proporcional. Nas doenças neuromusculares gerais (são mais de 30 diagnósticos) temos aumento do volume residual (VR), com fraqueza diafragmática. Na lesão medular onde, ao contrário, temos preservação do diafragma, a redução da capacidade pulmonar total é menos expressiva. Demais abreviações, VRE= volume de reserva expiratório; CI= capacidade inspiratória; CRF= capacidade residual funcional.

Após três meses de lesão medular, a capacidade vital de tetraplégicos é aproximadamente 60% do previsto, porém esse valor pode variar muito de acordo com o nível e a extensão (completa ou incompleta) da lesão.¹⁵ Com um ano de lesão medular a capacidade vital, a capacidade inspiratória e a pressão inspiratória máxima aumentam progressivamente. Tal fato decorre da melhora da força dos músculos inspiratórios, combinado com o aumento da estabilidade da parede torácica, devido ao surgimento de espasticidade.^{16;25} Após dez anos de lesão, ocorre redução da capacidade vital em tetraplégicos, aparentemente relacionado ao processo natural de envelhecimento do indivíduo e ao surgimento de alterações estruturais, como cifoescoliose e calcificação das cartilagens costais, o que levaria à redução da complacência torácica.²⁶

A capacidade pulmonar total está reduzida em aproximadamente 74% do previsto, tendo a capacidade vital a maior parcela de contribuição para esta queda.²⁷ A capacidade inspiratória também sofre redução, porém em escala menor e sem relação com níveis de lesão.²⁸ O volume residual em tetraplégicos, ao contrário dos demais parâmetros espirométricos, encontra-se acima dos limites esperados, em média 130% do previsto.¹³

Resumindo, a lesão medular traumática cervical resulta em disfunção pulmonar restritiva, não parenquimatosa. Ou seja, alterações mecânicas da caixa torácica, promovidas pela paralisia da musculatura abdominal, que irão interferir na função diafragmática.²⁹

A lesão medular também afeta o sistema nervoso autônomo, particularmente nos comprometimentos acima de T6, com amputação do componente simpático.³⁰ Os efeitos pulmonares relacionados ao desequilíbrio do sistema nervoso autônomo consistem no aumento do tônus broncomotor e hiperreatividade brônquica,^{31;32} cuja importância clínica ainda precisa ser melhor esclarecida.

Pressões respiratórias

Como visto anteriormente, na medula espinhal, encontram-se as raízes nervosas responsáveis pela inervação dos músculos respiratórios. A lesão medular traumática, dependendo do nível, compromete de forma variável a função dos músculos respiratórios. Na simples inspeção da Figura 1 podemos observar que a inervação dos principais músculos inspiratórios está em posição superior, na região cervical, enquanto os expiratórios localizam-se mais caudalmente, na coluna toracolombar.³³ Dessa forma, os músculos expiratórios, invariavelmente, são mais afetados em relação aos inspiratórios.

O comprometimento respiratório pode também ser evidenciado pela considerável diminuição da força muscular, estimada pelas pressões inspiratória e expiratória estáticas máximas.³⁴ A redução dessas pressões pode ocorrer por três mecanismos básicos, não excludentes: fraqueza ou paralisia muscular respiratória; alterações dos volumes pulmonares; ou por alterações da caixa torácica.^{22:34} Assim, a mensuração das pressões respiratórias estáticas máximas na avaliação dos pacientes com lesão medular traumática, especialmente os tetraplégicos, é de extrema importância.

De maneira geral, as pressões respiratórias estáticas máximas na lesão medular obedecem uma estreita relação com o nível neurológico. Vários estudos foram publicados acerca do tema, sendo que o mais recente foi conduzido no Laboratório de Função Pulmonar do SARAH Brasília.³⁵ Nesta pesquisa foram estudados 131 pacientes com lesão medular traumática com nível de lesão variando entre C4 e L3. A amostra foi composta por 90 homens, com idade média de 31 anos, o tempo médio de lesão foi de 25 meses, sendo que 76% dos pacientes tinham lesão motora completa. Os autores

avaliaram a função pulmonar através da espirometria e medidas das pressões respiratórias estáticas máximas. Foi conduzida análise de regressão linear simples em 99 pacientes com lesão medular motora completa. A pressão inspiratória máxima média variou de 56 a 101 cmH₂O, e a pressão expiratória máxima média variou de 39 a 103 cmH₂O. A regressão linear simples entre nível motor específico da lesão e os valores médios percentuais dos previstos das pressões respiratórias estáticas máximas foi melhor para a pressão expiratória máxima ($r= 0,81$, $P<0,0001$; $r^2= 0,65$) em relação a pressão inspiratória máxima ($r= 0,62$, $P=0,004$; $r^2= 0,38$).³⁵

Pressão inspiratória nasal durante o fungar

A medida da pressão inspiratória nasal ao fungar é a PInas, ou, SNIP, do inglês *sniff nasal inspiratory pressure* tem sido alvo de pesquisas em diversas condições que afetam a função pulmonar. As pesquisas vêm demonstrando que a PInas correlaciona-se com outros testes não-volumétricos ou até mesmo invasivos para a avaliação da força diafragmática nas alterações neuromusculares e doença pulmonar obstrutiva crônica. Esse teste reúne algumas vantagens: é mais prático, reprodutível e de melhor valor prognóstico. O equipamento é portátil, leve e o procedimento é de fácil e rápida execução, sem necessidade de grande esforço por parte do paciente e do examinador.^{13;36-40}

O primeiro relato de utilização da manobra do fungar foi descrita em 1927 como teste radiológico de avaliação de paralisias do diafragma.⁴¹ Historicamente, essa manobra tem sido empregada, com o auxílio de um cateter esofágico, como uma forma fidedigna de avaliar a força da musculatura inspiratória.^{22;42} Entretanto, este tipo de medida possui uma importante limitação clínica por ser um procedimento invasivo. Posteriormente, foi demonstrado que a pressão esofágica pode ser estimada de outra

forma, particularmente em pacientes com doenças neuromusculares, através da medida da PInas.⁴³ Alguns autores sugerem que a medida da pressão inspiratória na boca, nasofaringe ou narina, durante o ato de fungar, alcança valores semelhantes à pressão esofágica, com a vantagem de não ser necessário um balão esofágico.⁴³⁻⁴⁵

A avaliação da PInas é simples e de fácil execução. A manobra deve ser conduzida na capacidade residual funcional, portanto, o paciente deve respirar normalmente, com a boca fechada, e a manobra é iniciada imediatamente após uma expiração tranqüila.⁴⁴ Em uma das narinas deve ser ajustado um plugue conectado a um transdutor de pressão. O paciente pode estar sentado ou em ortostatismo, e deve realizar, voluntariamente, após o comando, um rápido e forte movimento inspiratório. Ainda não há consenso sobre o número ideal de repetições,⁴⁶ assim como se a outra narina deve estar ou não ocluída.⁴⁷

Porém, de acordo com a normatização da ATS (*American Thoracic Society*), a medida da Pinas deve ser feita sem a narina contra-lateral estar ocluída e o indivíduo deve executar o ato de fungar o mais forte e rápido possível, iniciando de uma posição relaxada ao final da expiração.²²

Até o momento apenas um estudo, também conduzido no Laboratório de Função Pulmonar do SARAH Brasília, avaliou a força da musculatura inspiratória em paciente com lesão medular utilizando a PInas.⁴⁸ Os indivíduos foram avaliados sentados e, além da PInas, a pressão inspiratória e expiratória máximas também foram aferidas com o objetivo de comparar as técnicas. Os autores verificaram que a PInas foi capaz de se correlacionar positivamente com o nível da lesão e a pressão máxima estática inspiratória não foi capaz de detectar essas mudanças. Concluem então que a PInas é mais sensível que a pressão inspiratória máxima na avaliação diafragmática,⁴⁸ embora

os autores reconheçam que ambas as medidas de pressão medem componentes diferentes da função inspiratória.

Imersão

Até o momento, quatro estudos investigaram os efeitos pulmonares da imersão em tetraplégicos.^{1;2;49;50}

Em 1982, Jaeger-Denavit,⁵⁰ realizaram na França um estudo onde indivíduos paraplégicos, tetraplégicos e controles hígidos foram avaliados na posição sentada, com água ao nível dos ombros e com a temperatura variando entre 29 e 31°C. Os autores observaram aumento da capacidade vital e redução do volume residual, no grupo de indivíduos com lesão medular, enquanto que o grupo controle exibiu redução da capacidade vital. Bosch e cols,⁴⁹ inicialmente preocupados em investigar a densidade corporal de tetraplégicos, observaram que o volume residual desses indivíduos encontrava-se reduzido, quando imersos, porém, não houve preocupação em detalhar os demais parâmetros de função pulmonar, já que esse não era o seu principal objetivo.

No ano de 2005, outro estudo foi publicado onde os autores se preocuparam em controlar variáveis como temperatura da água e tempo de imersão.¹ Indivíduos hígidos, paraplégicos e tetraplégicos foram avaliados dentro e fora da água (altura dos ombros). Foi observado aumento médio de 25% na capacidade vital em tetraplégicos, durante a imersão. Já o grupo controle apresentou redução média de 4% deste mesmo parâmetro.

Recentemente foi publicado um último estudo onde onze tetraplégicos e doze indivíduos controles foram avaliados durante imersão em três diferentes níveis de profundidade, pélvis, apêndice xifóide e ombros. Observou-se aumento da capacidade vital (27%) no grupo tetraplégico e redução (6%) no grupo controle, porém apenas com água ao nível dos ombros. O aumento da volemia, estimado pela variação do

hematócrito, ocorreu nos dois grupos e na mesma proporção. Os autores concluíram que a pressão hidrostática foi o principal responsável pelo aumento da capacidade vital no grupo tetraplégico, independente do aumento na volemia.²

Em síntese, apesar de alguns estudos já terem demonstrado as principais alterações espirométricas da imersão, as informações completas sobre os volumes e capacidades pulmonares e suas alterações com a imersão em indivíduos tetraplégicos continuam ainda indefinidas. Os mecanismos envolvidos na melhora da capacidade vital tão pouco ficaram elucidados. Além disso, é importante ressaltar que não existe ainda na literatura um estudo que avalie, comparativamente e no mesmo contexto, diferentes situações que provoquem alterações na mecânica diafragmática.

Função pulmonar de indivíduos hígidos durante a imersão

O escasso número de publicações sobre as alterações pulmonares da imersão em indivíduos com lesão medular contrasta com o grande volume de informações disponíveis referentes a pessoas hígidas.

De uma forma geral, os estudos demonstram queda significativa da capacidade vital em indivíduos hígidos, imersos com água entre o apêndice xifóide e os ombros. Esta redução variou entre 4% e 12% nos estudos analisados.⁵¹⁻⁶⁸ O principal componente relacionado à queda da capacidade vital, foi o volume de reserva expiratório, que apresentou redução entre 60% e 75%.^{51;53;56;58-60;63-65;67-71} Três estudos avaliaram a capacidade inspiratória, sendo observado aumento entre 10% e 42%.^{55;68;71} O volume corrente não variou na maior parte dos estudos,^{56;63;68;70} com exceção de um único, que demonstrou incremento de 11%.⁶⁷

Todos os estudos demonstraram queda da capacidade residual funcional, que variou entre 25% e 50%.^{51;53;56;64;67;68;71-74} No que tange ao volume residual, os estudos

são contraditórios. Em alguns não foram observadas alterações significativas,^{54-56;59;75} enquanto em outros, verificou-se redução entre 6% e 20%.^{51;53;64;68;76} Em apenas um estudo foi encontrado aumento de 7% do volume residual.⁷¹ Essas variações são justificadas pelos autores devido ao uso de técnicas diferentes de avaliação, como a pletismografia ou diluição de gases, além da variabilidade entre os sexos e a faixa etária dos indivíduos investigados.

Por último, foi observada redução da capacidade pulmonar total de 5% a 10%.^{53-55;67;68;71} Em relação aos dados da espirometria forçada, apenas a capacidade vital foi avaliada em uma das investigações, com redução média de 9%.⁷¹

Resumidamente, observa-se redução global dos volumes e capacidades pulmonares com a imersão em indivíduos hígidos, atribuída principalmente ao deslocamento sangüíneo central e, de forma menos importante, aos efeitos da pressão hidrostática sobre o tórax.^{59;69} O resumo dos principais resultados dos artigos citados encontra-se em anexo.

Inclinação e mudança postural

Inicialmente, o interesse pela relação entre mudança de posição e suas repercussões pulmonares decorreram da necessidade de realização de drenagem postural em indivíduos tetraplégicos com o objetivo de facilitar a remoção de secreção e prevenir complicações.¹⁹

A partir desta demanda, Cameron e cols¹⁹ estudaram 11 indivíduos com lesão medular completa entre C5-C8 e tempo de lesão variando de 3 meses a 11 anos. Em todos os participantes foi registrada a capacidade vital em três situações distintas, escolhidas de forma aleatória, a saber: deitado horizontalmente, deitado com a cabeça para cima em 15° e deitado com a cabeça para baixo em 15°.

Comparado com a posição horizontal, a capacidade vital de tetraplégicos era 7% menor quando os indivíduos eram deitados com a cabeça para cima e 6% maior quando deitado com a cabeça para baixo, sendo essas diferenças significantes. Os autores avaliaram ainda apenas um tetraplégico em posições extremas e observaram que na inclinação de 20° com a cabeça para baixo há aumento de 10% da capacidade vital, também comparado com a posição horizontal e que o menor valor de capacidade vital foi registrado em torno de 60° de inclinação, com a cabeça para cima (Figura 4).¹⁹

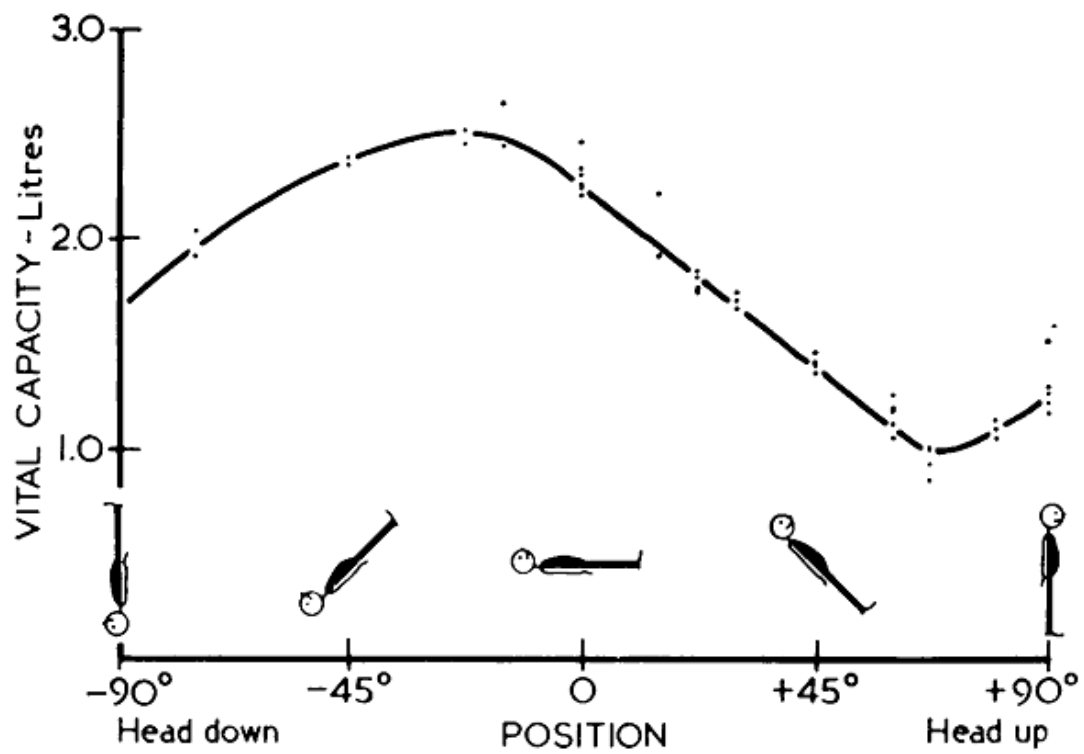


Figura 4 ó Efeitos das posições extremas na capacidade vital de um paciente tetraplégico. Adaptado do estudo clássico de Cameron e cols.¹⁹

Esta última pesquisa foi realizada em 1955 e pode ser considerada a primeira referência sobre avaliação da função pulmonar de indivíduos com lesão medular e sua relação com a mudança de posição. Até os dias atuais, mais seis estudos foram conduzidos e os resultados serão comentados de forma sintética a seguir.

Doravante, para facilitar, quando mencionarmos sobre variações percentuais dos volumes e capacidades na posição deitada (supino), automaticamente a comparação será feita com a postura sentada. Da mesma forma, ao comentarmos sobre as variações na posição inclinada, a comparação sempre será com a posição horizontal em supino.

Os estudos que avaliaram os volumes e capacidades de indivíduos com lesão medular alta apresentam resultados divergentes em alguns pontos. A maior parte deles se preocupou em avaliar parâmetros da espirometria forçada como a capacidade vital. Três estudos encontraram aumento deste parâmetro, variando de 12 a 38% na posição supina⁷⁷⁻⁷⁹ e um outro não verificou alterações com a mudança de posição.⁸⁰ Por último, um único estudo verificou queda da capacidade vital de 20% na posição inclinada com cabeça para baixo.⁸¹

A espirometria lenta também foi avaliada nestes pacientes, porém em menor proporção de artigos. Em relação à capacidade vital, foi observado aumento de 16% e 28% na posição supina,^{82;83} aumento de 6% na posição inclinada com cabeça para baixo e redução de 7% na posição inclinada com cabeça para cima.¹⁹ A capacidade inspiratória foi medida em dois estudos sendo verificado aumento de 16% e 59% em supino e redução de 25% durante a inclinação com a cabeça para cima.^{80;84} Já o volume de reserva expiratória reduziu 35% com a posição deitada em um único estudo.⁸⁰

Os volumes pulmonares foram avaliados por apenas dois estudos, ambos utilizando técnica de diluição com hélio. Os autores observaram queda de 6% da capacidade pulmonar total e de 29% do volume residual na posição supina.⁸² Já a

capacidade residual funcional reduziu em 16% com a posição inclinada com cabeça para baixo, aumentou de 44% e 27% em supino e na inclinação com a cabeça para cima, respectivamente.^{81:84}

Em 2004, Boaventura e cols⁷⁹ estudaram dez tetraplégicos com medidas de pressão inspiratória e expiratória máximas. Não foram encontradas alterações nas pressões respiratórias com a mudança postural.

A maior parte dos autores discute a importância do aumento na complacência abdominal para explicar as mudanças encontradas nos indivíduos tetraplégicos, ou seja, a falta do suporte abdominal durante a postura ereta.⁷⁷

A ocorrência desses fenômenos têm uma relação direta com o posicionamento diafragmático mais superior, devido à mudança gravitacional, o que permitiria sua maior excursão, em consequência de maior área de aposição e a geração de maior pressão transdiafragmática, de acordo com a lei de La Place.^{13:19:80}

Cinta abdominal

Até o momento dez artigos foram publicados objetivando avaliar a função pulmonar de indivíduos com lesão medular e sua relação com o uso da cinta abdominal. A maior parte dos estudos avaliou pacientes com lesão cervical, embora paraplégicos também tenham sido incluídos. O número de indivíduos estudados variou entre três e 20, com tempo de lesão indo de três meses a 22 anos.

Houve ainda grande variabilidade de tipos de cintas utilizadas nos estudos, por exemplo, cintas elásticas, pneumáticas e não elásticas e ainda formas diferentes de utilização e fixação das mesmas, bem como da pressão aplicada. Como já era esperado, os estudos apresentaram grande diversidade de resultados. Mais da metade dos artigos

não encontraram alterações nos parâmetros avaliados ou os resultados foram inconsistentes.⁸⁵⁻⁸⁹

A capacidade vital aumentou com o uso da cinta abdominal, tanto na posição sentada quanto na inclinação com cabeça para cima em cinco estudos.^{83;85;87;90;91} Os dois componentes da capacidade vital foram avaliados em um único estudo e foi observado que o volume de reserva expiratório caiu e a capacidade inspiratória aumentou com a cinta.⁹¹ A capacidade vital forçada foi avaliada por dois estudos, sendo identificado aumento deste parâmetro com a cinta abdominal.^{91;92} Em relação aos volumes pulmonares, verificou-se redução do volume residual e da capacidade residual funcional.^{84;87;90;91} Quatro estudos investigaram a capacidade pulmonar total e demonstraram resultados díspares, em três deles com redução^{87;90;91} e outro com aumento.⁸⁴

As explicações dos autores para as variações observadas é que o uso da cinta abdominal restaura a função de fulcro dos músculos abdominais, colocando o diafragma numa posição mecanicamente mais favorável.^{13;83;84;87;90;93}

Em 2008, Wadsworth e cols,⁹³ fizeram uma revisão sistemática qualitativa e quantitativa (metanálise) a fim de identificar os efeitos da cinta abdominal sobre a fala, função cardiovascular e pulmonar em pacientes com lesão medular. Os autores incluíram, ao final, onze estudos que foram avaliados em relação ao delineamento e qualidade metodológica. Os artigos foram classificados como sendo de baixa a média qualidade metodológica. Os resultados mostraram que a capacidade vital aumenta (em média 0,32 litros) e a capacidade residual funcional reduz (em média 0,41 litros) com o uso da cinta abdominal e que a capacidade pulmonar total não sofre alterações significativas. Os autores concluem que, de acordo com a evidência disponível na literatura, não é possível encorajar ou não o uso deste recurso.

Em síntese, com base nessa breve revisão da literatura, embora vários estudos tenham sido conduzidos de forma isolada, os resultados ainda são discrepantes e pouco elucidativos sobre os exatos mecanismos envolvidos nas variações de volumes pulmonares em tetraplégicos durante a imersão, inclinação, mudança postural e contenção abdominal com cinta, o que motivou a presente investigação.

Objetivos

O presente projeto é um desdobramento de uma linha de pesquisa iniciada em 2001 que envolveu, num primeiro momento, avaliar os efeitos da imersão sobre a capacidade vital de tetraplégicos e, posteriormente, a investigação dos efeitos da imersão gradual, associada à avaliação da volemia, ainda sobre a capacidade vital. A partir dos resultados dessas duas investigações novas lacunas foram sendo evidenciadas. Presentemente incorporamos medidas de volume e de pressão pulmonar inspiratória durante a imersão, aliada a outras modalidades provocativas de mudanças posicionais do diafragma, na tentativa de responder as indagações que permanecem sem respostas.

Primário:

- Descrever o comportamento dos volumes e capacidades pulmonares, notadamente as capacidades vital e pulmonar total, volume residual, em pacientes tetraplégicos, bem como a pressão inspiratória nasal ao fungar (PINas), nas seguintes situações: imersão, inclinação, mudança postural e cinta abdominal, no intuito de responder a seguinte indagação:
 - As mudanças volumétricas são decorrentes da redistribuição dos volumes pulmonares ou devido ao aumento da força diafragmática?

Secundário:

- Identificar diferenças e similaridades entre as quatro manobras investigadas;
- Correlacionar as alterações da pressão inspiratória nasal ao fungar com o volume em que foi mensurado, ou seja, capacidade residual funcional;
- Especificamente durante a imersão, investigar a participação do componente volêmico, mediante a utilização de manguitos em membros inferiores.

Casuística, Material e Métodos

Considerações gerais

Apresentaremos nesse capítulo as características de interesse dos pacientes tetraplégicos e indivíduos do grupo controle, bem como as peculiaridades metodológicas envolvidas no protocolo de investigação.

Delineamento

Trata-se de um estudo observacional, analítico, de uma amostra intencional de pacientes e controles, conduzido na Rede SARAH de Hospital de Reabilitação, Brasília, no período de agosto de 2007 a junho de 2009.

Casuística

Grupos

Tetraplégico

Foram estudados 15 indivíduos do sexo masculino com lesão medular traumática cervical que se encontravam internados, durante o período do estudo. A idade média foi de 27 anos, com extremos de 21 e 32 anos. Apresentavam quadro de tetraplegia traumática com nível de lesão variando de C4 a C7. Todos com lesão medular motora completa, classificada pela ASIA (*American Spinal Injury Association*)⁹ como A ou B (Anexo). O tempo médio de lesão foi de 24,7 meses. Destes, apenas um era tabagista e o índice de massa corporal médio foi de 21,5Kg/m² (Tabela 3).

Foram excluídos do recrutamento inicial os indivíduos com instabilidade clínica, história ou presença de traqueostomia, ou de pneumopatia em atividade, bem como a presença de contra-indicações relacionadas à atividade em piscina ou aos demais protocolos descritos mais adiante. Nenhum indivíduo estava utilizando colar cervical ou qualquer outro tipo de órtese que pudesse interferir na realização dos exames. As mulheres não foram incluídas neste estudo devido à variabilidade fisiológica do sistema respiratório, decorrente do ciclo menstrual e ou do tamanho das mamas.⁹⁴ Além disso, a avaliação exclusiva de homens se deve ao fato da grande parcela dos indivíduos com lesão medular serem desse gênero.⁹⁵

Tabela 3 - Dados antropométricos dos individuais do grupo tetraplégico.

Indivíduo	Idade (anos)	Duração da lesão (meses)	Nível motor da lesão/ASIA*	IMCÄ (Kg/m ²)	Fumante
1	25	14,0	C7/B	19,5	não
2	32	24,0	C4/B	17,8	não
3	28	7,0	C5-C6/B	26,0	não
4	31	47,0	C5/B	22,4	não
5	28	14,0	C5/A	17,9	não
6	25	6,0	C6/B	18,9	não
7	25	12,0	C7/A	19,5	não
8	29	15,0	C7/A	27,4	não
9	21	20,0	C5/A	17,6	sim
10	21	44,0	C6/A	17,3	não
11	28	64,0	C6/A	20,7	não
12	22	8,0	C5-C6/B	26,6	não
13	34	17,0	C7/B	24,9	não
14	27	53,0	C7-C6/A	28,2	não
15	27	26,0	C6/B	18,1	não
Mediana	27	17,0	-	19,5	-
Média	26,9	24,7	-	21,5	-
±dp	3,8	18,4	-	4,0	-

*ASIA = *American Spinal Cord Injury Association*, 1997.⁹

ÄIMC = Índice de massa corporal

Controle

Foram avaliados 12 indivíduos do sexo masculino, sem passado de doenças pulmonares ou neurológicas. Compuseram este grupo funcionários da Instituição.

Na Tabela 4 são apresentados os dados antropométricos desta amostra. A média da faixa etária dos indivíduos foi de 30,3 anos, com o índice de massa corporal médio de 24,8 Kg/m².

Tabela 4 - Dados antropométricos individuais do grupo controle.

Indivíduo	Idade (anos)	Massa (Kg)	Altura (metros)	IMC* (Kg/m ²)	Fumante
1	37	74,0	1,71	25,3	não
2	36	67,5	1,70	23,4	não
3	24	65,0	1,80	20,1	não
4	24	88,0	1,84	26,0	não
5	30	91,0	1,81	27,8	não
6	24	95,0	1,85	27,8	não
7	34	65,0	1,67	23,3	não
8	30	77,0	1,79	24,0	não
9	28	84,0	1,81	25,6	não
10	30	78,0	1,79	24,3	não
11	34	70,0	1,69	24,5	não
12	32	74,0	1,69	25,9	não
Mediana	30	75,5	1,79	24,9	-
Média	30,3	77,4	1,8	24,8	-
±dp	4,6	10,2	0,1	2,1	-

*IMC = Índice de massa corporal.

Considerações éticas

O projeto da presente investigação foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital SARAH, conforme regulamentação vigente.⁹⁶ Todos os indivíduos avaliados formalizaram seu consentimento em participar do estudo, mediante assinatura em documento próprio (Anexo) e após terem sido esclarecidos os objetivos e a metodologia da pesquisa.

Procedimentos e técnicas

Os pacientes tetraplégicos e os indivíduos controles foram submetidos ao mesmo protocolo de avaliação, sempre realizado no período vespertino. Foram obtidos os dados de massa corporal e altura dos indivíduos através das informações fornecidas pela equipe de nutrição, registrada nos prontuários dos pacientes. Procedia-se então a uma breve coleta de informações a respeito do consumo de tabaco ou doenças pulmonares prévias.

Os indivíduos foram submetidos a quatro protocolos de avaliação em dois dias diferentes e que constavam de avaliações espirométricas, medidas de volumes pulmonares e pressão inspiratória ao fungar em diferentes situações como serão detalhadas mais adiante.

Protocolo conduzido no Setor de Hidroterapia

Na etapa os volumes pulmonares foram determinados na seguinte seqüência: sentado fora da piscina com manguitos desinsuflados, posicionados na raiz das coxas; sentado fora da piscina com manguitos insuflados; sentado dentro da piscina com

manguitos insuflados; e, por último, sentado dentro da piscina com manguitos vazios (Figura 5). Na primeira e na última posição era avaliada também a PInas. Os indivíduos imersos foram posicionados próximos a uma das bordas laterais da piscina, para que fosse possível a realização do exame. A temperatura da água foi mantida rigorosamente entre 33,5 e 34,5°C que é, de acordo com a literatura, considerada termoneutra, ou seja, uma temperatura que não induz grandes alterações fisiológicas internas.⁹⁷ Ao entrarem na piscina, os indivíduos eram imediatamente posicionados sentados em uma cadeira, permanecendo com a água na altura dos ombros. Esse nível de imersão foi utilizado devido a ocorrência, tradicionalmente descrita,^{51;63;67;98} do aumento no volume sanguíneo intratorácico e interferência na função pulmonar, associado à compressão hidrostática de membros inferiores, abdômen e tórax. As duas aferições dos volumes pulmonares, conduzidas dentro da piscina, foram realizadas rigorosamente dentro de 5 minutos após a imersão inicial e o mesmo período de tempo após a desinsuflação.

Todos os indivíduos investigados foram colocados dentro da piscina mediante a utilização de uma grua, que facilitou, sobremaneira entre os tetraplégicos, o correto e rápido posicionamento.

Os manguitos utilizados foram controlados eletronicamente (Zimmer Surgical Medical, Warsaw, IN, USA, ATS 2000). A pressão ajustada para a insuflação dos mesmos foi correspondente à pressão arterial média, estimada a partir da pressão sistólica e diastólica (um terço da pressão de pulso acima da pressão diastólica), aferidas por esfigmomanômetro e estetoscópio, durante a avaliação clínica inicial. Importante destacar que a utilização do dispositivo eletrônico foi importante no sentido de garantir o mesmo nível de pressão inicialmente fixado para os manguitos, bilateralmente, já que o participante alterava de posição, mesmo estando sentado, além da mudança de ambiente, ou seja, de fora para dentro da piscina.

Figura 5 ó Protocolo conduzido no Setor de Hidroterapia.*



* Nesta etapa foi conduzido o protocolo de imersão. Este sempre se iniciou com a mensuração dos volumes pulmonares, sem e com o manguito insuflado, fora da piscina (A). Logo em seguida, os indivíduos foram submersos até o nível dos ombros onde, novamente, após 5 minutos de imersão, os volumes pulmonares foram determinados, ainda com os manguitos insuflados (B). 5 minutos após a desinsuflação dos mesmos, ainda sob imersão, novas medidas foram conduzidas (C). A Pinas foi mensurada somente fora da piscina e durante a imersão, em ambas situações sem o manguito insuflado.

Protocolos conduzidos no Laboratório de Função Cardiopulmonar

Nessa etapa os indivíduos eram submetidos ao seguinte protocolo de avaliação: inicialmente sentado sem o uso de cinta abdominal, realizava-se espirometria lenta, seguida por espirometria forçada, medidas de volumes pulmonares e, finalmente, pressão inspiratória ao fungar. O indivíduo era então posicionado deitado em uma maca e as medidas de volumes pulmonares e a pressão inspiratória ao fungar eram repetidas com zero grau de inclinação, deitado com a cabeça inclinada para cima em 20° e deitado com a cabeça inclinada para baixo em 20°. Para cada indivíduos estudado, estas três últimas avaliações eram feitas de forma randômica. Por último, nova medida de volumes e pressão inspiratória ao fungar era realizada com o indivíduo sentado utilizando cinta abdominal (Figura 6).

Para a avaliação da inclinação foi utilizado uma maca com controle eletrônico que permitia o deslocamento para cima e para baixo em uma angulação de 20°, de forma rápida e segura. Os indivíduos tetraplégicos foram posicionados na maca com auxílio de duas pessoas, os membros inferiores contidos com cintos de segurança e os pés apoiados em um suporte. A referida maca foi construída na própria instituição, sendo originalmente utilizada para os testes cardiológicos de inclinação.

A mudança postural foi avaliada apenas com os dados disponíveis na posição sentada (na própria cadeira de rodas no caso dos pacientes tetraplégicos) versus a posição supina.

A avaliação com cinta abdominal foi executada com o objetivo de comparar as mudanças nos volumes pulmonares e PINas com a imersão, inclinação e a mudança postural. A cinta abdominal era sempre colocada com o indivíduo deitado em decúbito dorsal e fixada firmemente, porém de forma confortável. Grosso modo, a cinta se

estendia desde a transição toracoabdominal até a região superior da pélvis. A cinta abdominal utilizada é de fabricação própria da instituição e é composta de tecido e material elástico e duas faixas horizontais de velcro para o seu fechamento.

Figura 6 ó Protocolos de investigação conduzidos no Laboratório de Função Cardiopulmonar.*



*Nesta etapa foram conduzidos três protocolos, desenvolvidos de forma seqüencial, obedecendo algumas peculiaridades. Em todas elas foram mensurados os volume pulmonares e a PInas. O protocolo de inclinação envolveu a etapa B (supina), C (+20°) e D (-20°), definidas aleatoriamente. O protocolo de mudança postural envolveu a etapa A (sentado sem cinta) e B, sempre nessa seqüência. Por último, o protocolo da cinta abdominal envolveu a etapa A e E (sentado com cinta), também sempre nessa seqüência.

Parâmetros de função pulmonar

Espirometria

Para esta avaliação foi utilizado um pneumotacógrafo aquecido (*Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany, Master Scope*), com programa de computador *Patient data manager (4.52e release; Spirometry for device driver 4.52f)*, obtendo-se o volume com a integração do sinal de fluxo. A calibração do equipamento foi realizada no início de cada sessão de testes, procedendo-se ao estabelecimento do ponto zero e manobras de injeção e sucção, com uma seringa de três litros.

A espirometria lenta era conduzida com o indivíduo sentado, utilizando um clipe nasal e bucal tipo òflangeö com abas e bordas. O participante era instruído a respirar normalmente até completar a definição da linha de base do volume corrente. Logo em seguida o indivíduo expirava lenta e profundamente até alcançar o volume residual; em seguida era incentivado a realizar uma inspiração máxima e lenta até a capacidade pulmonar total; após esta etapa era solicitado que o indivíduo conduzisse uma expiração profunda, novamente até o volume residual. Foram realizadas no mínimo três manobras, consideradas somente se os seus valores fossem reprodutíveis, ou seja, com diferenças inferiores a 5% ou 0,2 litros entre si, de acordo com os critérios da ATS.⁹⁹ Para os cálculos foram considerados apenas os maiores valores da inspiração e da expiração, não necessariamente da mesma manobra.

A espirometria forçada, para determinação da capacidade vital e do volume expiratório forçados, este no 1º segundo - índice de Tiffenau (coeficiente expiratório forçado, VEF1/CVF%), foi conduzida nas mesmas condições citadas anteriormente. O exame era iniciado a partir de uma expiração e inspiração, ambas máximas e lentas,

seguidas de uma expiração forçada por, no mínimo, seis segundos, associado a comando verbal de incentivo realizado por parte do examinador. Também foram utilizados os mesmo critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade do exame anterior.⁹⁹

A utilização da espirometria em indivíduos tetraplégicos necessita de algumas adaptações, pelo menos no que tange aos critérios da ATS.⁹⁹ A disfunção muscular típica desses pacientes dificulta a realização de manobra expiratória acima de seis segundos e favorece o aumento do volume retroextrapolado. Somente estes dois aspectos já seriam suficientes para violar os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade da ATS,⁹⁹ tornando inviável a espirometria nesses casos. Por essas razões esses critérios foram revistos, no sentido de flexibilizar e tornar viável a condução dessa avaliação nessa população.^{100;101} Para o cálculo do percentual do previsto foram utilizadas as equações de Pereira e cols.¹⁰²

Volumes pulmonares

A medida dos volumes pulmonares foi realizada através da técnica de diluição do hélio em circuito fechado com pneumotacógrafo aquecido (*Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany, Master Scope*), seguindo as recomendações oficiais.²¹ Nesta avaliação o indivíduo era orientado a respirar normalmente, utilizando um clipe nasal. No final de uma expiração tranqüila, ou seja, na capacidade residual funcional, uma válvula se abria automaticamente e iniciava-se a conexão do indivíduo ao sistema fechado. Logo em seguida solicitava-se uma expiração máxima, para determinação do volume de reserva expiratório. Na seqüência, a respiração normal era mantida até o equipamento detectar o equilíbrio total do hélio no sistema e no pulmão. Isso acontecia quando a concentração de hélio era menor que 0,02% em 30 segundos. Ao término

desta etapa, procedia-se a mensuração da capacidade vital com o objetivo de calcular a capacidade pulmonar total.

As medidas eram feitas utilizando um bocal do tipo ôflangeö e os indivíduos eram sempre orientados sobre a importância de não haver qualquer tipo de escape de ar pela boca ou nariz. No geral, em cada uma das etapas que os quatro protocolos envolveram, foram conduzidas apenas uma medida de volumes pulmonares, desde que tecnicamente aceitável e reprodutível.²¹ Caso contrário, o teste era repetido até obtermos uma avaliação adequada. Em todos os casos esperou-se um mínimo de 5 minutos entre os testes, no sentido de garantir a eliminação de todo hélio residual, que pudesse vir a interferir nos testes subsequentes.²¹ Para o cálculo do percentual do previsto foram utilizadas as equações de Crapo e cols.¹⁰³

Pressão inspiratória nasal durante o fungar ó PInas

Para esta mensuração utilizamos o equipamento *Micro Medical respiratory pressure meter (Micro Medical Limited, England)*. A PInas foi obtida na capacidade residual funcional. Os participantes foram instruídos a respirar tranqüilamente, com o plugue nasal ajustado em uma das narinas, enquanto a narina contralateral foi mantida pérvea. O examinador, observando os movimentos abdominais, no momento em que constatasse o final de uma expiração tranqüila, solicitava que o indivíduo fungasse o mais forte e rápido possível, com a boca fechada. Essa manobra era repetida pelo menos quatro vezes em cada narina, considerando-se, para efeito de cálculo, o maior valor obtido. Para o cálculo dos valores esperados da PInas utilizou-se a equação de Uldry e Fitting.⁴⁴

Processamento dos dados e análise estatística

Inicialmente, para comparação dos valores basais dos parâmetros espirométricos obtidos, utilizou-se o teste *t* de *Student*. Numa segunda etapa, considerando os efeitos da imersão e da inclinação, utilizamos a análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, em duas situações: com dois fatores, os grupos e a imersão ou os grupos e a inclinação e, dentro de cada grupo, analisando somente o fator imersão ou inclinação. Para essas análises, foram considerados significantes todos os valores de $P < 0,05$. O teste de esfericidade de Mauchly foi utilizado para testar a hipótese nula, caso o valor de P fosse maior que 0,05 assumimos a esfericidade, caso contrário, se o teste fosse significativo as correções técnicas eram feitas usando o teste de Lower-bound. Para detectar as diferenças estatísticas pontuais dos parâmetros espirométricos dentro dos grupos, utilizamos o teste *t* emparelhado, com a correção de Bonferroni ($P < 0,02$; três comparações).

Para a avaliação da mudança postural e do uso da cinta abdominal foi utilizado o teste *t* emparelhado, com $P < 0,05$, bicaudal.

Os resultados também foram expressos na forma de variação percentual ($\hat{e}\%$) entre as medidas obtidas na avaliação basal e nos diferentes momentos envolvidos nos protocolos. Como aplicativo estatístico foi utilizado o *SPSS 13.0 for Windows*.

Resultados

Considerações iniciais

Os resultados serão apresentados de forma separada, obedecendo à seguinte sistemática. Descreveremos a avaliação basal da função pulmonar dos tetraplégicos, principalmente para enfocar o grau de disfunção respiratória, comparando-os com o grupo controle. Em seguida, apresentaremos os principais resultados encontrados, inicialmente com a imersão, posteriormente com a inclinação, mudança postural e, por último, com o uso da cinta abdominal. Por uma questão de simplificação, adotaremos também uma sistemática na apresentação dos resultados nesses quatro protocolos. Na apresentação dos volumes (nos protocolos de imersão e inclinação) iremos destacar nos gráficos a capacidade vital, o volume de reserva expiratório, o volume residual e a capacidade pulmonar total. Como a PInas foi obtida na capacidade residual funcional optamos por apresentar estes parâmetros conjuntamente.

Avaliação basal

Parâmetros espirométricos

Em condições basais, a exceção do coeficiente expiratório forçado (volume expiratório forçado no 1º segundo/capacidade vital forçada %), todas as médias dos demais parâmetros espirométricos foram inferiores nos indivíduos tetraplégicos ($P < 0,05$). Este grupo apresentou uma capacidade vital lenta média de $51,7\% \pm 17,1$ do previsto (extremos de 33,3% a 89,6%), sugerindo distúrbio ventilatório restritivo moderado,¹⁰⁴ enquanto o grupo controle mostrou-se dentro do esperado (acima de 80% do previsto). Dos componentes da capacidade vital, aquele que se mostrou mais afetado

entre os tetraplégicos, foi o volume de reserva expiratório ($24,5\% \pm 21,6$ do previsto) (Tabela 5).

Volumes pulmonares

Coerente com os resultados da espirometria houve redução da capacidade pulmonar total nos tetraplégicos ($79,0\% \pm 14,3$ do previsto) indicativo de distúrbio ventilatório restritivo limítrofe. A capacidade residual funcional mostrou-se praticamente dentro da normalidade, porém às custas da elevação expressiva do volume residual, cujo valor médio foi de $171,0\% \pm 37,0$ do previsto. Esse mesmo parâmetro mostrou-se entre 62,4% e 154,1%, com média de $88,3\% \pm 24,7$ do previsto entre os indivíduos do grupo controle (Tabela 6). Para se ter idéia da magnitude do aumento no volume residual entre os tetraplégicos, basta considerarmos o fato de que esse parâmetro, em termos médios, correspondeu a 47% da capacidade pulmonar total, enquanto nos controles essa relação foi dentro do esperado (22%).

Pressão inspiratória nasal ao fungar (PINas)

Os pacientes tetraplégicos exibiram valores médios muito baixos da PINas, com $45,7 \text{ cmH}_2\text{O} \pm 15,7$, correspondente a 39,5% do previsto. Individualmente, nenhum paciente apresentou valores acima dos limites inferiores de normalidades, cuja média foi de $76,5 \text{ cmH}_2\text{O} \pm 1,6$ (Tabela 7). Os indivíduos do grupo controle não exibiram alterações para esse parâmetro, sendo que o percentual médio do previsto foi de 84,5%.

Tabela 5 - Parâmetros espirométricos individuais (para pacientes tetraplégicos apenas) e médias das manobras lenta e forçada (percentual do previsto) dos grupos tetraplégico e controle.*

	CVL, L (%prev)	CI, L (%prev)	VRE, L (%prev)	CVF, L (%prev)	VEF1, L (%prev)	VEF1/CVF, x100
Grupo tetraplégico (n = 15)						
#1	2,11 39,07	1,85 49,07	0,18 10,78	2,03 37,59	1,68 37,00	77,79
#2	2,33 40,10	1,94 46,86	0,28 16,87	1,96 33,73	1,90 40,08	78,59
#3	2,54 50,40	2,08 59,94	0,33 20,89	2,34 46,43	2,01 47,18	85,59
#4	2,38 44,65	2,24 60,05	0,00 0,00	2,32 43,53	2,18 49,10	91,60
#5	1,76 33,33	1,76 47,96	0,00 0,00	1,94 36,74	1,85 41,76	93,66
#6	3,54 62,54	3,59 89,97	0,35 20,59	3,61 63,78	2,76 58,72	76,24
#7	4,06 74,36	2,90 70,39	1,16 70,73	4,20 76,92	4,07 89,45	96,96
#8	2,65 59,28	2,34 75,24	0,37 29,60	2,73 61,07	2,38 59,80	87,26
#9	1,70 35,27	1,79 52,80	0,00 0,00	1,88 39,00	1,52 36,63	80,51
#10	2,10 40,86	1,71 63,10	0,39 26,90	2,05 39,88	1,89 43,15	92,25
#11	1,81 39,43	1,84 57,50	0,07 5,51	1,91 41,61	1,76 44,53	91,90
#12	2,07 40,75	1,88 50,95	0,42 28,97	2,30 45,28	1,99 46,17	86,18
#13	3,65 76,68	3,02 86,53	0,83 58,45	3,86 81,09	3,55 87,22	92,20
#14	4,06 89,62	3,14 130,83	0,65 52,00	- -	- -	-
#15	2,54 49,32	2,20 57,44	0,40 26,14	2,61 50,68	2,18 49,77	83,53
Média	2,62 51,71	2,29 66,58	0,36 24,49	2,55 49,81	2,27 52,18	86,73
± dp	0,81 17,11	0,59 22,21	0,32 21,61	0,78 15,11	0,73 16,78	6,62
Grupo controle (n=12)						
Média	5,17 99,26	3,47 89,64	1,63 101,76	5,10 97,61	4,17 95,52	80,86
± dp	0,65 10,38	0,46 11,82	0,31 16,02	0,67 7,92	0,83 13,65	7,09

Definição das abreviações: CVL = capacidade vital lenta; CI = capacidade inspiratória; VRE = volume de reserva expiratório; CVF = capacidade vital forçada; VEF₁ = volume expiratório forçado no primeiro segundo;

* Todas as médias dos percentuais previstos foram diferentes entre os grupos (P<0,05).

Tabela 6 - Volumes pulmonares individuais (para pacientes tetraplégicos apenas) e médias (percentual do previsto) dos grupos tetraplégico e controle.

	VR, L (%prev)	CRF, L (%prev)	CPT, L (%prev)
Grupo tetraplégico (n = 15)			
#1	2,32 169,34	2,50 79,11	4,43 66,62
#2	3,12 175,28	3,40 91,64	5,45 72,96
#3	2,32 174,44	2,65 89,83	4,96 79,23
#4	2,57 169,08	2,57 78,83	4,81 71,26
#5	2,55 179,58	2,55 81,21	4,31 65,50
#6	3,41 224,34	3,77 110,56	7,03 99,72
#7	1,12 75,68	2,28 69,51	5,19 76,10
#8	2,55 205,65	2,92 111,88	5,26 93,26
#9	2,58 226,32	2,49 92,91	4,28 73,16
#10	1,67 135,77	2,06 71,03	3,77 60,42
#11	2,22 185,00	2,29 87,07	4,13 72,33
#12	2,27 175,97	2,69 91,81	4,57 73,12
#13	2,72 180,13	3,55 118,73	6,57 105,80
#14	1,73 146,61	2,38 92,25	5,79 102,84
#15	2,09 143,15	2,50 80,13	4,70 72,20
Média	2,35 171,09	2,71 89,77	5,02 78,97
± dp	0,57 37,05	0,49 14,52	0,90 14,30
Grupo controle (n=12)			
Média	1,47 88,32	3,11 92,79	6,69 98,06
± dp	0,39 24,74	0,60 15,84	0,87 9,99

Definição das abreviações: VR = volume residual; CRF = capacidade residual funcional; CPT = capacidade pulmonar total;

* Todas as médias dos percentuais previstos foram diferentes entre os grupos ($P < 0,05$), com exceção da CRF.

Tabela 7 ó Pressão inspiratória nasal durante o fungar (PInas, cmH₂O) individuais (para pacientes tetraplégicos apenas) e médias (valores observados, percentual do previsto* e limite inferior de normalidade) dos grupos tetraplégico e controle**.

#	Observado	%previsto	Limite inferior
Grupo tetraplégico (n=15)			
1	56	48,2	77,3
2	25	22,1	74,4
3	27	23,5	76,0
4	50	43,9	74,8
5	33	28,7	76,0
6	44	37,8	77,3
7	63	54,2	77,3
8	75	65,4	75,6
9	67	56,8	79,0
10	45	38,1	79,0
11	41	35,6	76,0
12	41	34,9	78,6
13	33	29,3	73,5
14	59	51,1	76,5
15	26	22,5	76,5
média	45,7	39,5	76,5
±dp	15,7	13,4	1,6
Grupo controle (n=11)			
média	96,4	84,5	75,0
±dp	15,1	12,8	2,0

* Valores teóricos segundo a equação de Uldry e Fitting.⁴⁴

** Todos os valores de PInas de um dos indivíduos controle foram desconsiderados porque mostraram-se muito baixos e o mesmo tinha história de sinusopatia, tendo sido submetido a cirurgia de septo nasal, bilateralmente.

Avaliação durante os protocolos

Imersão

Com relação aos valores basais (antes da imersão), sem e com os manguitos insuflados, não constatamos nenhuma diferença nos parâmetros de volumes pulmonares. Por esse motivo, consideramos, para as etapas seguintes, os valores obtidos imediatamente antes da imersão, ou seja, com os indivíduos utilizando o manguito insuflado.

Durante a etapa de imersão, levando em consideração os dois grupos, houve interação com a capacidade vital, volume de reserva expiratório e volume residual ($P < 0,001$). Ou seja, estes três parâmetros tiveram comportamento diferente entre os grupos, de acordo com a ANOVA.

Na análise intragrupo foram feitas as seguintes comparações entre os três momentos de interesse: antes e durante a imersão, ambas com o manguito insuflado e durante a imersão, com e sem o manguito insuflado. Dessa forma, na primeira comparação, a única diferença entre as avaliações foi a imersão e, na segunda, a liberação do sangue dos membros inferiores. Eventualmente, quando, em nossas análises, constataremos diferenças dignas de nota entre o primeiro momento (fora da piscina + manguito insuflado) e o último (imersão + manguito desinsuflado) faremos as devidas observações.

Para ilustrar as modificações observadas, mostramos na Figura 7 os valores médios ($\pm dp$) da capacidade pulmonar total, capacidade vital, volume de reserva expiratório e volume residual nos três momentos de interesse (basal e imersão, ambos com manguitos insuflados e imersão com manguito desinsuflado), em ambos os grupos.

No grupo tetraplégico, apenas com o efeito da imersão, constatamos que houve aumento da capacidade vital ($20,6\% \pm 17,6$; $P=0,001$) e da capacidade inspiratória ($27,8\% \pm 21,5$; $P=0,001$). Por outro lado, constatamos reduções médias do volume residual ($32,6\% \pm 11,3$; $P<0,001$) e, como esperado, da capacidade residual funcional ($31,0\% \pm 13,3$; $P<0,001$). A capacidade pulmonar total não sofreu alterações. Considerando a imersão com e sem o manguito insuflado, ou seja, somente a influencia da mudança volêmica, não observamos nenhuma alteração dos parâmetros investigados. Ou seja, as modificações promovidas pela imersão não foram afetadas pela liberação de sangue para o tórax, com a desinsuflação do manguito (Tabela 8).

A imersão no grupo controle reduziu significativamente a capacidade residual funcional ($26,5\% \pm 7,0$; $P<0,001$) e o volume de reserva expiratório ($48,2\% \pm 19,5$; $P<0,001$), associado ao aumento da capacidade inspiratória ($27,3\% \pm 11,4$; $P<0,001$). Com a liberação do manguito, ainda em imersão, constatou-se redução da capacidade vital ($4,0\% \pm 2,7$; $P<0,002$), associada agora a diminuição da capacidade pulmonar total ($5,8\% \pm 5,4$; $P=0,005$). Ao se comparar este último momento com os valores basais, constatou-se redução de todos os parâmetros, com exceção da capacidade inspiratória, que aumentou e do volume residual, que não sofreu alterações (Tabela 9).

Vale destacar que as reduções na capacidade residual funcional que aconteceram durante a imersão em ambos os grupos, embora da mesma magnitude, tiveram comportamento qualitativamente diferente. Nos tetraplégicos essa redução se deu às custas de diminuição exclusiva do volume residual, enquanto nos controles ocorreu pela diminuição exclusiva no volume de reserva expiratório.

Como especificado na Casuística, Material e Métodos, a PInas foi aferida fora da piscina com manguito desinsuflado e dentro da piscina, também com manguito

desinsuflado. Devemos considerar então que as modificações eventualmente observadas sofreram influência tanto dos efeitos da imersão sobre as estruturas tóracoabdominais, como também da volemia. Ademais, para completar essa avaliação, a capacidade residual funcional a ser considerada é aquela correspondente a esses momentos.

Assim, em relação a Pinas, verificamos aumento significativo no grupo tetraplégico com a imersão da ordem de $12,7\% \pm 16,7$ ($P < 0,03$), comparado ao basal com o simples fato de entrar na piscina (Tabela 10). No entanto, lembramos que essa medida foi realizada na capacidade residual funcional, que diminuiu do basal para a imersão (31,0%), como vimos anteriormente. O grupo controle não apresentou diferenças entre as duas avaliações (Tabela 11), embora a capacidade residual funcional também tenha diminuído significativamente (26,5%), como relatamos anteriormente.

Como vimos acima, ambos os grupos reduziram a capacidade residual funcional com a imersão em torno de 30%. No entanto, devemos destacar que o ponto de partida, ou seja, os valores basais dos dois grupos foram diferentes. Em termos da capacidade pulmonar total teórica, as capacidades residuais funcionais foram diferentes entre tetraplégicos e controles ($P = 0,03$), respectivamente, $40,4\% \pm 7,8$ e $49,1\% \pm 9,8$.

Tabela 8 - Mudanças percentuais do grupo tetraplégico (comparadas com o valor basal [1-2 e 1-3] e com a imersão com manguito insuflado [2-3]) da capacidade vital, volume residual, capacidade residual funcional e capacidade pulmonar total nos três momentos estudados.*

#	Capacidade vital						Volume residual					
	Basal	Δ%1-2	Imersão Cuff-on	Δ%1-3	Imersão Cuff-off	Δ%2-3	Basal	Δ%1-2	Imersão Cuff-on	Δ%1-3	Imersão Cuff-off	Δ%2-3
1	1,88	45,21	2,73	39,36	2,62	-4,03	2,37	-49,79	1,19	-38,40	1,46	22,69
2	2,47	26,72	3,13	12,55	2,78	-11,18	2,93	-40,96	1,73	-38,23	1,81	4,62
3	2,52	22,62	3,09	23,41	3,11	0,65	2,17	-21,20	1,71	-39,63	1,31	-23,39
4	2,02	31,19	2,65	23,27	2,49	-6,04	2,41	-21,58	1,89	-15,77	2,03	7,41
5	1,98	28,79	2,55	15,15	2,28	-10,59	2,27	-20,26	1,81	-14,98	1,93	6,63
6	3,14	23,25	3,87	22,61	3,85	-0,52	3,71	-32,35	2,51	-35,31	2,40	-4,38
7	4,02	6,47	4,28	-6,22	3,77	-11,92	1,43	-32,87	0,96	-38,46	0,88	-8,33
8	2,53	45,45	3,68	-0,40	2,52	-31,52	2,59	-48,65	1,33	-49,03	1,32	-0,75
10	2,03	13,79	2,31	17,73	2,39	3,46	1,67	-15,57	1,41	-13,17	1,45	2,84
11	1,77	-17,51	1,46	40,11	2,48	69,86	2,21	-32,13	1,50	-35,29	1,43	-4,67
12	2,23	6,28	2,37	-4,93	2,12	-10,55	2,11	-34,12	1,39	-30,81	1,46	5,04
15	2,42	14,88	2,78	34,30	3,25	16,91	1,61	-42,24	0,93	-48,45	0,83	-10,75
média	2,42	20,59	2,91	18,08	2,81	0,38	2,29	-32,64	1,53	-33,13	1,53	-0,25
dp	0,63	17,55	0,77	15,89	0,57	24,71	0,62	11,33	0,44	12,27	0,45	11,45
p		0,001		0,003		0,510		<0,001		<0,001		0,933

#	Capacidade residual funcional						Capacidade pulmonar total					
	Basal	Δ%1-2	Imersão Cuff-on	Δ%1-3	Imersão Cuff-off	Δ%2-3	Basal	Δ%1-2	Imersão Cuff-on	Δ%1-3	Imersão Cuff-off	Δ%2-3
1	2,71	-45,76	1,47	-38,75	1,66	12,93	4,25	-7,76	3,92	-3,76	4,09	4,34
2	3,26	-43,56	1,84	-36,20	2,08	13,04	5,40	-10,74	4,82	-15,00	4,59	-4,77
3	2,37	-17,30	1,96	-29,11	1,68	-14,29	4,72	3,81	4,90	-5,08	4,48	-8,57
4	2,41	-21,58	1,89	-15,77	2,03	7,41	4,43	5,64	4,68	2,03	4,52	-3,42
5	2,27	-17,62	1,87	-11,45	2,01	7,49	4,25	4,47	4,44	-0,94	4,21	-5,18
6	3,95	-10,63	3,53	-12,41	3,46	-1,98	6,88	-6,98	6,40	-9,16	6,25	-2,34
7	2,49	-42,97	1,42	-44,98	1,37	-3,52	5,60	-3,21	5,42	-14,29	4,80	-11,44
8	3,03	-43,56	1,71	-43,56	1,71	0,00	5,17	-1,93	5,07	-15,47	4,37	-13,81
10	2,06	-21,36	1,62	-20,87	1,63	0,62	3,80	-2,11	3,72	2,63	3,90	4,84
11	2,40	-24,17	1,82	-32,50	1,62	-10,99	4,02	-20,90	3,18	-2,74	3,91	22,96
12	2,58	-36,43	1,64	-29,84	1,81	10,37	4,34	-13,36	3,76	-17,51	3,58	-4,79
15	1,95	-46,67	1,04	-50,77	0,96	-7,69	4,03	-6,20	3,78	1,49	4,09	8,20
média	2,62	-30,97	1,82	-30,52	1,84	1,11	4,74	-4,94	4,51	-6,48	4,40	-1,17
dp	0,56	13,35	0,60	13,14	0,60	9,25	0,88	7,81	0,90	7,48	0,68	10,02
p		<0,001		<0,001		0,716		0,039		0,020		0,372

* Para facilitar as comparações adotamos os índices 1, 2 e 3, correspondentes, respectivamente, aos valores basais (com manguito insuflado), imersão com manguito insuflado e imersão com manguito desinsuflado.

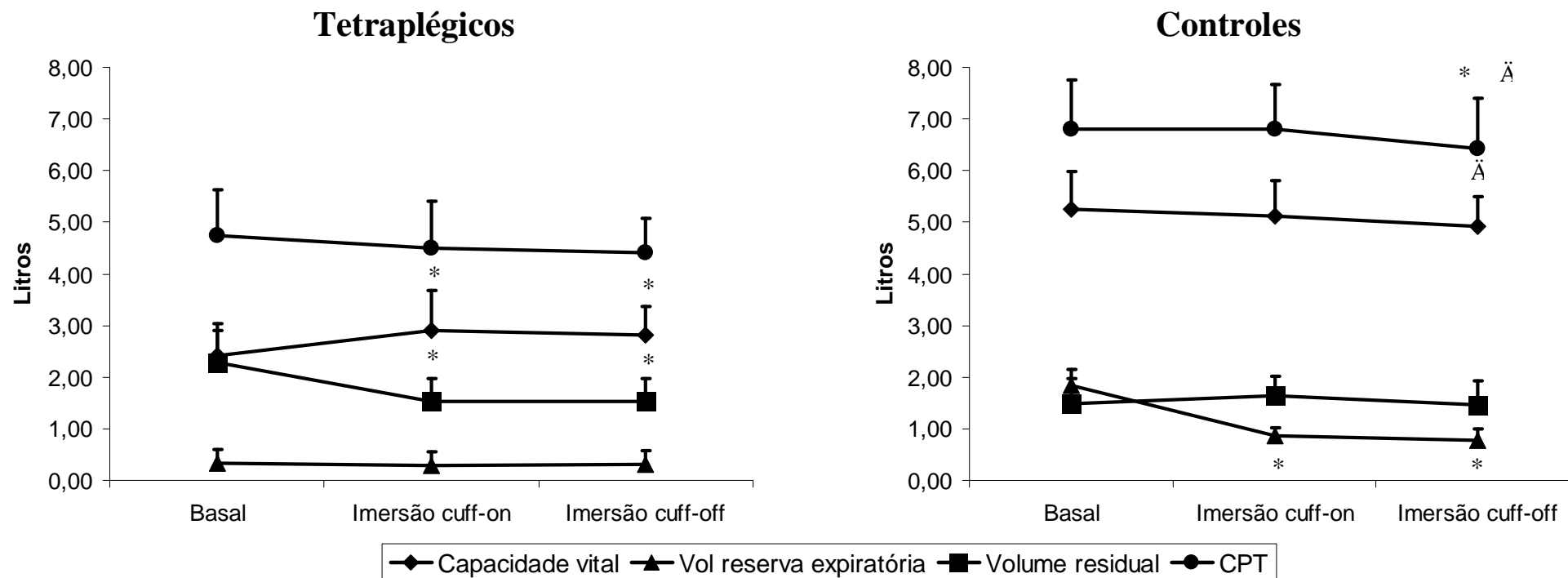
Tabela 9 - Mudanças percentuais do grupo controle (comparadas com o valor basal [1-2 e 1-3] e com a imersão com manguito insuflado [2-3]) da capacidade vital, volume residual, capacidade residual funcional e capacidade pulmonar total nos três momentos estudados.*

#	Capacidade vital						Volume residual					
	Basal	Δ%1-2	Imersão Cuff-on	Δ%1-3	Imersão Cuff-off	Δ%2-3	Basal	Δ%1-2	Imersão Cuff-on	Δ%1-3	Imersão Cuff-off	Δ%2-3
1	5,85	-0,17	5,84	-3,25	5,66	-3,08	2,20	-5,00	2,09	-5,45	2,08	-0,48
2	4,65	-0,43	4,63	-3,01	4,51	-2,59	1,12	20,54	1,35	10,71	1,24	-8,15
3	5,26	-1,33	5,19	-3,80	5,06	-2,50	2,21	12,22	2,48	-12,22	1,94	-21,77
5	5,22	-5,94	4,91	-7,47	4,83	-1,63	1,23	8,94	1,34	23,58	1,52	13,43
6	6,77	-2,36	6,61	-10,64	6,05	-8,47	1,33	9,77	1,46	28,57	1,71	17,12
7	4,56	-1,54	4,49	-4,61	4,35	-3,12	1,41	-11,35	1,25	-60,99	0,55	-56,00
8	5,80	-7,59	5,36	-15,34	4,91	-8,40	1,35	14,07	1,54	14,81	1,55	0,65
9	5,24	-0,19	5,23	-3,63	5,05	-3,44	1,75	-9,71	1,58	-5,71	1,65	4,43
10	4,68	-2,99	4,54	-8,76	4,27	-5,95	1,64	-3,66	1,58	-9,76	1,48	-6,33
11	4,56	-2,41	4,45	-3,29	4,41	-0,90	0,71	150,70	1,78	35,21	0,96	-46,07
média	5,26	-2,49	5,13	-6,38	4,91	-4,01	1,50	18,65	1,65	1,88	1,47	-10,32
dp	0,72	2,48	0,69	4,13	0,58	2,68	0,47	47,65	0,38	27,77	0,45	24,19
p		0,020		0,002		0,003		0,223		0,820		0,169

#	Capacidade residual funcional						Capacidade pulmonar total					
	Basal	Δ%1-2	Imersão Cuff-on	Δ%1-3	Imersão Cuff-off	Δ%2-3	Basal	Δ%1-2	Imersão Cuff-on	Δ%1-3	Imersão Cuff-off	Δ%2-3
1	4,10	-25,85	3,04	-32,44	2,77	-8,88	8,05	-1,49	7,93	-3,85	7,74	-2,40
2	2,74	-22,99	2,11	-31,75	1,87	-11,37	5,78	3,63	5,99	-0,69	5,74	-4,17
3	4,55	-33,41	3,03	-42,64	2,61	-13,86	7,65	1,57	7,77	-7,32	7,09	-8,75
5	3,12	-31,73	2,13	-22,76	2,41	13,15	6,46	-1,86	6,34	0,46	6,49	2,37
6	3,61	-29,92	2,53	-23,82	2,75	8,70	8,17	-1,10	8,08	-4,04	7,84	-2,97
7	3,37	-35,31	2,18	-64,69	1,19	-45,41	6,01	-4,49	5,74	-18,64	4,89	-14,81
8	3,11	-19,61	2,50	-13,50	2,69	7,60	7,15	-2,10	7,00	-8,25	6,56	-6,29
9	3,54	-31,64	2,42	-29,94	2,48	2,48	7,01	-2,71	6,82	-4,42	6,70	-1,76
10	3,14	-20,70	2,49	-26,43	2,31	-7,23	6,31	-2,22	6,17	-7,61	5,83	-5,51
11	2,07	-14,01	1,78	-32,85	1,39	-21,91	5,47	13,89	6,23	-1,83	5,37	-13,80
média	3,34	-26,52	2,42	-32,08	2,25	-7,67	6,81	0,31	6,81	-5,62	6,43	-5,81
dp	0,69	7,00	0,40	13,79	0,57	17,38	0,95	5,29	0,86	5,44	0,98	5,37
p		<0,001		<0,001		0,187		0,992		0,006		0,005

* Para facilitar as comparações adotamos os índices 1, 2 e 3, correspondentes, respectivamente, a basal, imersão com manguito insuflado e imersão com manguito desinsuflado.

Figura 7 - Médias (dp) da capacidade vital, volume de reserva expiratória, volume residual e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos três momentos do protocolo de imersão (basal, manguito insuflado [cuff-on] e desinsuflado [cuff-off]), entre os grupos tetraplégico e controle.



* P<0,02 versus basal

ÄP<0,02 versus imersão com manguito insuflado

Tabela 10 - Valores absolutos, médios e variação percentual da pressão inspiratória ao fungar no grupo tetraplégico dentro e fora da piscina.

Pinas (cmH2O)			
#	Solo	Imersão	Δ%
1	44	40	-9,1
2	29	33	13,8
3	47	51	8,5
4	43	52	20,9
5	41	42	2,4
6	37	37	0,0
7	40	60	50,0
8	75	71	-5,3
9	44	53	20,5
10	39	42	7,7
11	39	52	33,3
12	33	36	9,1
média	42,6	47,4	12,7
dp	11,3	11,1	16,7
p			0,03

Tabela 11 - Valores absolutos, médios e variação percentual da pressão inspiratória ao fungar no grupo controle dentro e fora da piscina.

Pinas (cmH2O)			
#	Solo	Imersão	Δ%
1	121	88	-27,3
2	96	79	-17,7
3	95	97	2,1
4	81	73	-9,9
5	78	72	-7,7
6	58	73	25,9
7	78	100	28,2
8	109	111	1,8
9	100	85	-15,0
média	90,7	86,4	-2,2
dp	18,9	13,8	18,9
p			0,94

Inclinação

No grupo tetraplégico, tomando como referência a posição supina, quando realizamos a inclinação com cabeça para cima, constatamos aumento do volume residual ($17,7\% \pm 10,1$, $P < 0,02$), paralelo a redução da capacidade vital ($10,0\% \pm 8,0$, $P < 0,02$). Quando os indivíduos foram inclinados com a cabeça para baixo nenhuma diferença foi constatada, ainda tomando como referência a posição supina. Quando comparamos os extremos desse protocolo ($+20^\circ$ vs -20°), como era de se esperar, encontramos as mesmas diferenças, porém com sentidos opostos para volume residual e capacidade vital (Tabela 12, Figura 8).

O grupo controle somente mostrou diferença na posição de Trendelenburg quando o volume de reserva expiratório reduziu, tomando como referência a posição deitada $+20^\circ$ (Tabela 12, Figura 8). Os dados completos de volume e capacidades pulmonares relacionados a este protocolo estão disponíveis nas tabelas do anexo.

No que tange à PInas, encontramos um valor significativo ($P < 0,05$) denotando que essa pressão apresentou variações nos três momentos aferidos, ou seja, supino (0°), $+20^\circ$ e -20° . Na etapa seguinte, considerando o limiar de significância de Bonferroni (teste *t* emparelhado) constatamos que as diferenças ocorreram nos extremos, ou seja, inclinação de $+20^\circ$ e -20° respectivamente, $48,8 \text{ cmH}_2\text{O} \pm 15,0$ e $54,7 \text{ cmH}_2\text{O} \pm 10,5$ ($P < 0,02$), correspondendo a variação de 17% no sentido de maiores valores na posição de Trendelenburg (Tabela 13).

A mesma análise não demonstrou nenhuma diferença no grupo controle, ou seja, independente do grau de inclinação os indivíduos não apresentaram variações significativas na PInas.

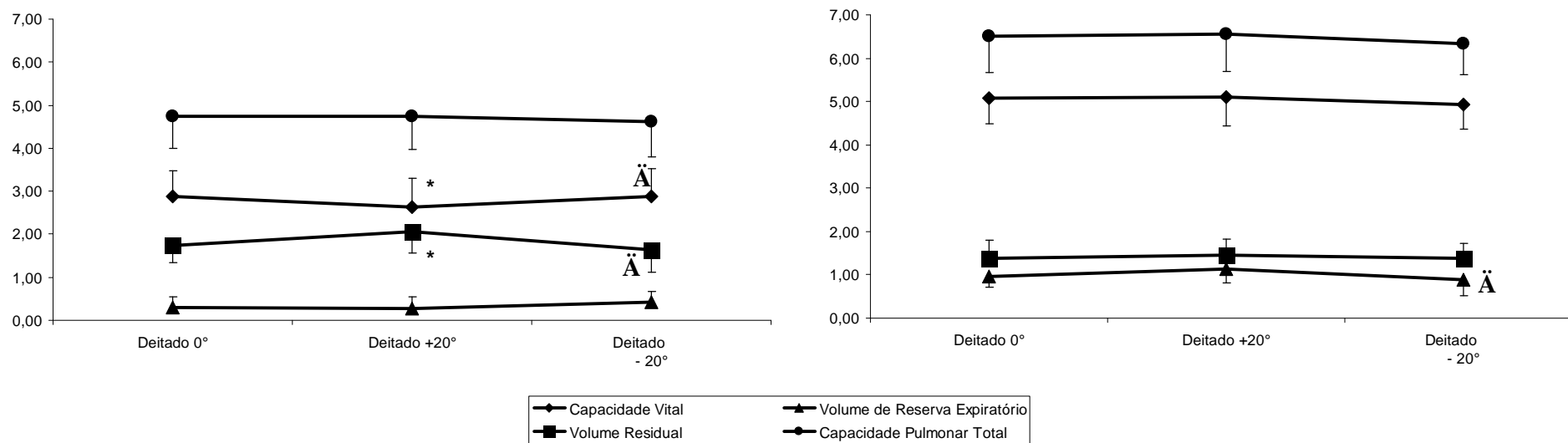
As variações da capacidade residual funcional, úteis para a correta interpretação da PInas, tiveram o mesmo comportamento entre tetraplégicos e controles. Ou seja, comparado com a posição supina, a elevação da cabeça aumentou significativamente esse parâmetro e, em relação aos extremos desse protocolo (de +20° para -20°), houve redução. Assim, embora as variações da capacidade residual funcional tenham sido iguais entre os grupos, a PInas teve comportamento diferente (Tabela 12).

Tabela 12 - Mudanças percentuais e valores médios (dp) dos volumes e capacidades pulmonares em ambos os grupos (comparadas com a posição deitada 0° [1-2 e 1-3] e com posição inclinada +20° [2-3]) nos três momentos estudados do protocolo de inclinação.*

#	Capacidade Vital						Volume Residual						Volume de Reserva Expiratório					
	Deitado 0°	Δ%1-2	Deitado +20°	Δ%1-3	Deitado -20°	Δ%2-3	Deitado 0°	Δ%1-2	Deitado +20°	Δ%1-3	Deitado -20°	Δ%2-3	Deitado 0°	Δ%1-2	Deitado +20°	Δ%1-3	Deitado -20°	Δ%2-3
Tetraplégicos																		
média	2,89	-10,02	2,62	-1,04	2,87	10,72	1,76	17,74	2,06	-8,31	1,64	-21,57	0,27	9,48	0,27	30,81	0,41	40,23
dp	0,59	8,03	0,69	6,08	0,65	11,79	0,42	10,11	0,49	10,08	0,52	11,47	0,26	44,74	0,24	73,32	0,25	75,55
p		0,001		0,640		0,007		<0,001		0,021		<0,001		0,464		0,038		0,027
Controles																		
média	5,07	0,57	5,10	-2,71	4,93	-3,13	1,39	6,54	1,45	2,19	1,38	-4,16	0,96	18,98	1,12	-7,86	0,90	-21,81
dp	0,59	4,13	0,66	3,51	0,56	5,14	0,42	15,79	0,38	18,40	0,35	9,95	0,24	22,73	0,32	18,80	0,37	13,18
p		0,599		0,020		0,032		0,303		0,927		0,105		0,020		0,348		<0,001
#	Capacidade Residual Funcional						Capacidade Inspiratória						Capacidade Pulmonar Total					
	Deitado 0°	Δ%1-2	Deitado +20°	Δ%1-3	Deitado -20°	Δ%2-3	Deitado 0°	Δ%1-2	Deitado +20°	Δ%1-3	Deitado -20°	Δ%2-3	Deitado 0°	Δ%1-2	Deitado +20°	Δ%1-3	Deitado -20°	Δ%2-3
Tetraplégicos																		
média	2,02	12,08	2,26	-3,05	1,98	-12,51	2,72	-8,67	2,49	-2,78	2,64	7,72	4,74	0,27	4,75	-2,57	4,62	-2,57
dp	0,45	12,51	0,56	12,33	0,60	14,60	0,49	10,14	0,56	9,76	0,55	17,54	0,74	5,13	0,77	5,85	0,81	7,95
p		0,003		0,592		0,008		0,007		0,330		0,168		0,870		0,123		0,257
Controles																		
média	2,34	10,53	2,57	-2,50	2,28	-11,56	4,16	-4,10	3,99	-1,78	4,07	3,04	6,50	0,95	6,56	-2,30	6,34	-3,15
dp	0,56	8,37	0,55	7,32	0,55	6,42	0,49	6,98	0,55	6,47	0,36	11,95	0,82	3,88	0,85	3,43	0,72	3,69
p		<0,001		0,216		<0,001		0,044		0,248		0,506		0,395		0,034		0,02

* Para facilitar as comparações adotamos os índices 1, 2 e 3, correspondentes, respectivamente, à posição supina (0°) e inclinações de +20° e -20°.

Figura 8 - Médias (dp) da capacidade vital, volume de reserva expiratória, volume residual e capacidade pulmonar total basal nos três momentos do protocolo de inclinação, entre os grupos tetraplégicos e controles.



* P<0,02 versus deitado 0°
 ÄP<0,02 versus deitado +20°

Tabela 13 - Valores absolutos, médios e variação percentual da pressão inspiratória ao fungar nos testes de inclinação (comparadas com a posição deitada 0° [1-2 e 1-3] e com posição inclinada +20° [2-3]).

Pinas (cmH₂O) - Tetraplégicos						
#	Deitado 0°	Δ%1-2	Deitado +20°	Δ%1-3	Deitado -20°	Δ%2-3
1	58	18,97	69	6,90	62	-10,14
2	37	-5,41	35	37,84	51	45,71
3	43	-27,91	31	-9,30	39	25,81
4	48	6,25	51	10,42	53	3,92
5	41	-21,95	32	7,32	44	37,50
6	44	-4,55	42	-4,55	42	0,00
7	69	-13,04	60	-1,45	68	13,33
8	64	15,63	74	7,81	69	-6,76
9	69	-2,90	67	0,00	69	2,99
10	51	23,53	63	13,73	58	-7,94
11	56	-8,93	51	-1,79	55	7,84
12	52	-9,62	47	19,23	62	31,91
13	54	-31,48	37	11,11	60	62,16
14	55	-18,18	45	-9,09	50	11,11
15	27	3,70	28	44,44	39	39,29
média	51,2	-5,1	48,8	8,8	54,7	17,1
dp	11,7	16,5	15,0	15,5	10,5	22,0
p		0,30		0,03		0,02

Pinas (cmH₂O) - Controles						
#	Deitado 0°	Δ%1-2	Deitado +20°	Δ%1-3	Deitado -20°	Δ%2-3
1	94	-9,57	85	7,45	101	18,82
2	114	-4,39	109	1,75	116	6,42
3	100	1,00	101	1,00	101	0,00
4	145	-7,59	134	-17,93	119	-11,19
5	81	8,64	88	3,70	84	-4,55
6	86	-9,30	78	-32,56	58	-25,64
7	83	-6,02	78	-7,23	77	-1,28
8	84	7,14	90	-1,19	83	-7,78
9	121	1,65	123	-3,31	117	-4,88
10	90	10,00	99	-11,11	80	-19,19
11	86	3,49	89	-5,81	81	-8,99
média	98,5	-0,4	97,6	-5,9	92,5	-5,3
dp	20,2	7,3	18,1	11,4	19,7	11,9
p		0,67		0,11		0,14

* Para facilitar as comparações adotamos os índices 1, 2 e 3, correspondentes, respectivamente, supino (0°), +20° e -20°.

Mudança postural

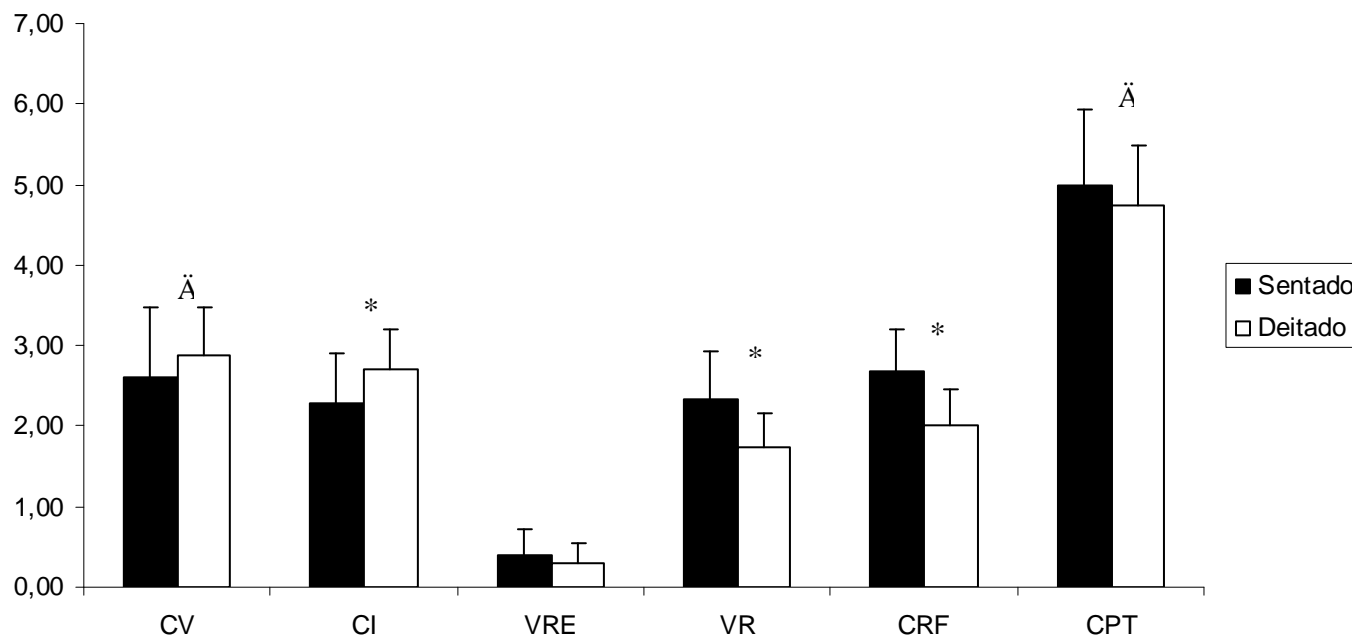
Todos os volumes apresentaram variações significativas com a mudança postural de sentado para deitado entre os pacientes tetraplégicos, com exceção do volume de reserva expiratório. As capacidades vital e inspiratória aumentaram, respectivamente, 11% e 16%. O volume residual e a capacidade pulmonar total reduziram, respectivamente, 35% e 5%. O grupo controle exibiu alterações opostas da capacidade inspiratória (aumento de 17%) e do volume de reserva expiratório (redução de 58%) (Tabela 14, Figuras 9 e 10). Os dados completos de volume e capacidades pulmonares relacionados a este protocolo estão disponíveis nas tabelas do anexo.

A PInas com a mudança postural teve comportamento diferente entre tetraplégicos e controles. Enquanto este último não apresentou nenhuma variação, os tetraplégicos exibiram incremento médio de $17,8\% \pm 24,4$ ($P < 0,02$). Seguindo o mesmo padrão dos protocolos anteriores iremos detalhar a variação da capacidade residual funcional nos dois grupos (Tabela 14). Os dois exibiram queda semelhante da capacidade residual funcional, da ordem de 25% ($P < 0,001$), mais especificamente, $24,9\% \pm 8,4$ e $25,0\% \pm 7,9$, respectivamente para tetraplégicos e controles. Importante destacar, seguindo o padrão dos protocolos anteriores, que a redução da capacidade residual funcional foi motivada por variações diferentes nos grupos: às custas do volume residual entre os tetraplégicos e do volume de reserva expiratório entre os controles.

Tabela 14 - Mudanças percentuais e valores médios (dp) dos volumes e capacidades pulmonares em ambos os grupos nos dois momentos estudados do protocolo de mudança postural.

#	Capacidade Vital			Capacidade Inspiratória			Volume de Reserva Expiratório			Volume residual			Capacidade Residual Funcional			Capacidade Pulmonar Total		
	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%
Tetraplégicos																		
média	2,62	2,89	10,97	2,28	2,72	16,40	0,39	0,29	-35,94	2,34	1,75	-34,67	2,69	2,02	-24,88	5,00	4,74	-5,34
dp	0,85	0,59	11,91	0,62	0,49	13,06	0,33	0,26	62,20	0,58	0,41	25,03	0,51	0,45	8,40	0,93	0,74	7,29
p			0,008			0,001			0,075			<0,001			<0,001			0,019
Controles																		
média	5,17	5,07	-1,95	3,47	4,16	16,50	1,63	0,96	-58,05	1,47	1,39	-8,42	3,11	2,34	-24,95	6,69	6,50	-2,91
dp	0,65	0,59	4,77	0,46	0,49	5,77	0,31	0,24	38,00	0,39	0,42	14,27	0,60	0,56	7,92	0,87	0,82	4,72
p			0,171			<0,001			<0,001			0,195			<0,001			0,066

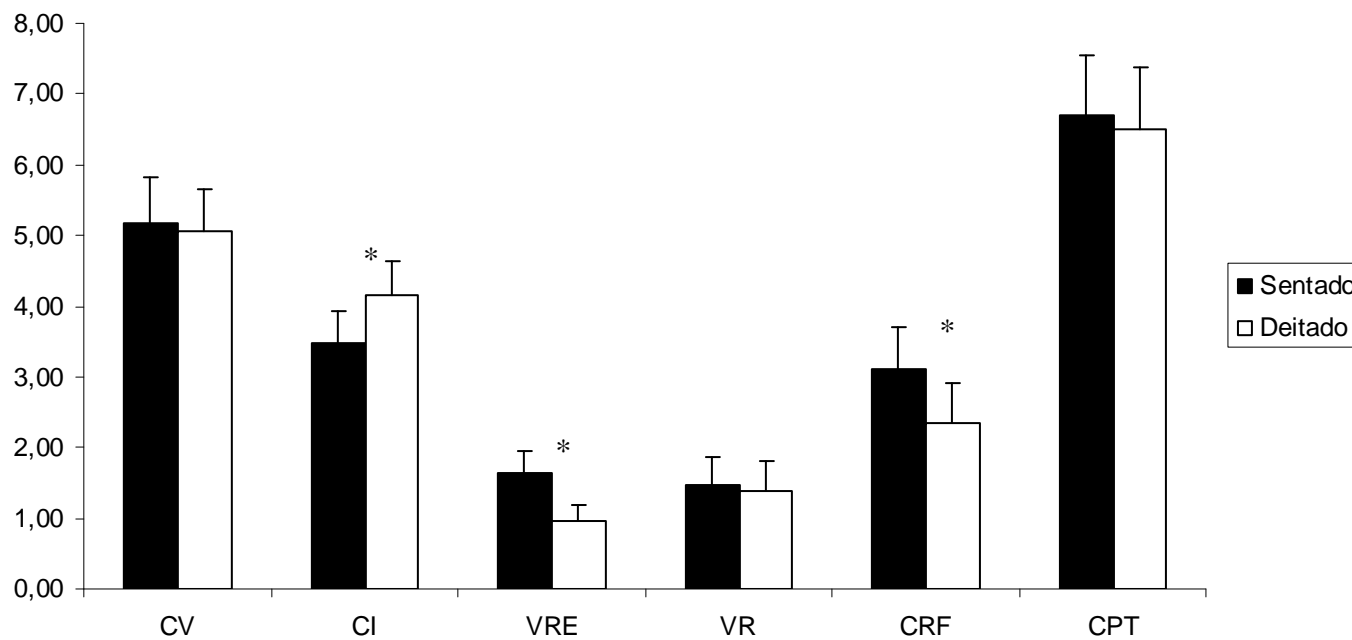
Figura 9 - Médias (dp) da capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratório (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos dois momentos do protocolo de mudança postural do grupo tetraplégico.



* P<0,001

ÄP<0,05

Figura 10 - Médias (dp) da capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratório (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos dois momentos do protocolo de mudança postural do grupo controle.



* P<0,001

ΔP<0,05

Tabela 15 - Valores absolutos, médios e variação percentual da PInas durante a mudança postural em ambos os grupos.

Pinas (cmH₂O) - Tetraplégicos			
#	Sentado	Deitado	Δ%
1	56	58	3,6
2	25	37	48,0
3	27	43	59,3
4	50	48	-4,0
5	33	41	24,2
6	44	44	0,0
7	63	69	9,5
8	75	64	-14,7
9	67	69	3,0
10	45	51	13,3
11	41	56	36,6
12	41	52	26,8
13	33	54	63,6
14	59	55	-6,8
15	26	27	3,8
média	45,7	51,2	17,8
dp	15,7	11,7	24,4
p			0,02

Pinas (cmH₂O) - Controles			
#	Sentado	Deitado	Δ%
1	91	94	3,3
2	106	114	7,5
3	106	100	-5,7
4	124	145	16,9
5	86	81	-5,8
6	69	86	24,6
7	76	83	9,2
8	92	84	-8,7
9	116	121	4,3
10	95	90	-5,3
11	90	86	-4,4
média	95,5	98,5	3,3
dp	16,4	20,2	10,7
p			0,57

Cinta abdominal

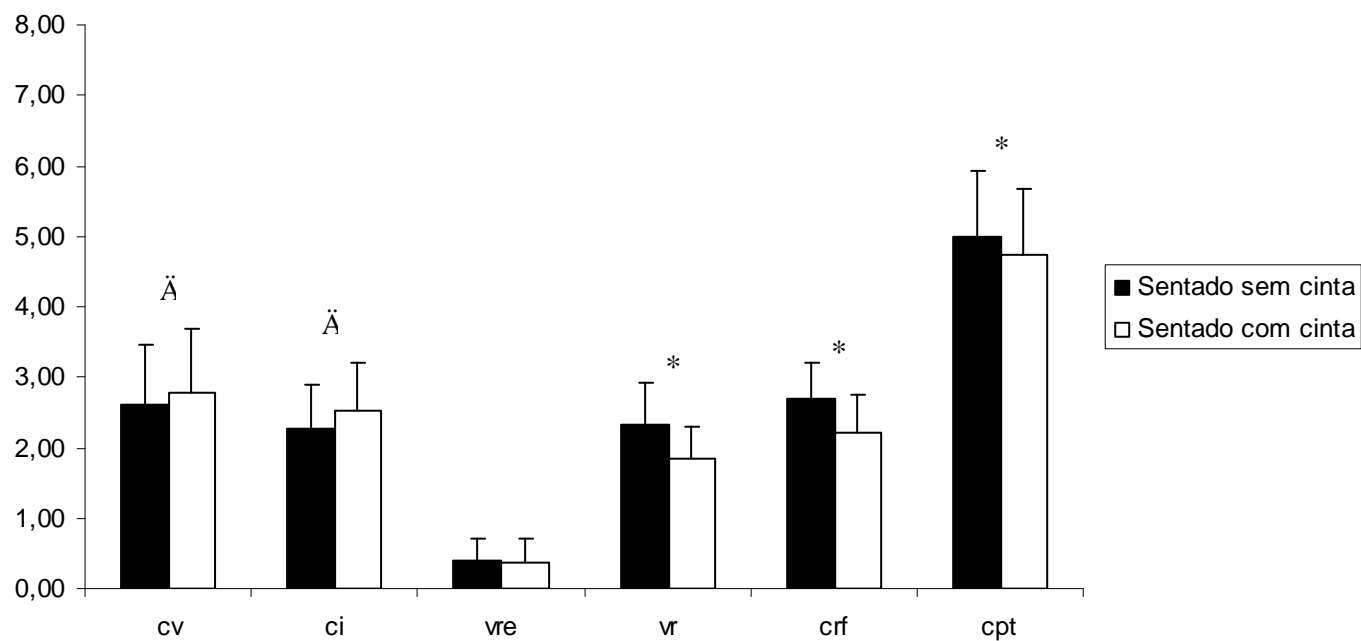
O padrão observado no grupo tetraplégico foi sobreponível ao protocolo de mudança postural. Relembrando, o volume de reserva expiratório foi o único parâmetro inalterado, enquanto as capacidades vital e inspiratória aumentaram menos de 10%, o volume residual e a capacidade pulmonar total diminuíram, respectivamente, 29% e 6% (Tabela 16 e Figura 11). Da mesma forma, o padrão entre os indivíduos do grupo controle reproduziu aquele observado na mudança postural, com apenas uma exceção: a capacidade vital reduziu significativamente de $3,4\% \pm 4,7$ ($P < 0,05$) (Tabela 16 e Figura 12). Os dados completos de volume e capacidades pulmonares relacionados a este protocolo estão disponíveis nas tabelas do anexo.

Nenhuma diferença foi detectada entre os indivíduos sentados, inicialmente sem cinta e, posteriormente, com cinta abdominal, no que se refere à P_{Inas} (Tabela 17). Essa ausência de diferença foi observada tanto nos grupos tetraplégico como controle. De qualquer forma, vale a pena comentar que o grupo tetraplégico apresentou tendência de incremento na P_{Inas} da ordem de $14,0\% \pm 25,2$, enquanto no grupo controle essas cifras foram no sentido de redução da ordem de $3,2\% \pm 21,5$. Relembramos que as ausências de diferenças relatadas referem-se tanto numa análise intra, como inter-grupos. Completando essa análise, constatamos que, paradoxalmente, a capacidade residual funcional reduziu significativamente em ambos os grupos, com maior intensidade entre os tetraplégicos, em relação aos controles, respectivamente, $23,2\% \pm 13,1$ e $14,7\% \pm 10,3$ (Tabela 16).

Tabela 16 - Mudanças percentuais e valores médios (dp) dos volumes e capacidades pulmonares em ambos os grupos nos dois momentos estudados do protocolo da cinta abdominal.

#	Capacidade Vital			Capacidade inspiratória			Volume de reserva expiratório			Volume residual			Capacidade residual funcional			Capacidade pulmonar total		
	Sentado Sem Cinta	Sentado Com Cinta	Δ%	Sentado Sem Cinta	Sentado Com Cinta	Δ%	Sentado Sem Cinta	Sentado Com Cinta	Δ%	Sentado Sem Cinta	Sentado Com Cinta	Δ%	Sentado Sem Cinta	Sentado Com Cinta	Δ%	Sentado Sem Cinta	Sentado Com Cinta	Δ%
Tetraplégicos																		
média	2,62	2,78	4,67	2,28	2,53	8,91	0,39	0,38	3,38	2,34	1,83	-28,49	2,69	2,21	-23,22	5,00	4,74	-5,84
dp	0,85	0,92	9,73	0,62	0,68	11,12	0,33	0,34	57,29	0,58	0,48	17,95	0,51	0,53	13,09	0,93	0,93	5,24
p			0,037			0,008			0,852			<0,001			<0,001			<0,001
Controles																		
média	5,17	5,00	-3,40	3,47	3,84	9,33	1,63	1,26	-27,10	1,47	1,48	-0,70	3,11	2,74	-14,67	6,69	6,58	-1,76
dp	0,65	0,58	4,67	0,46	0,47	9,23	0,31	0,32	22,66	0,39	0,38	15,82	0,60	0,62	10,33	0,87	0,87	5,28
p			0,030			0,004			<0,001			0,914			<0,001			0,271

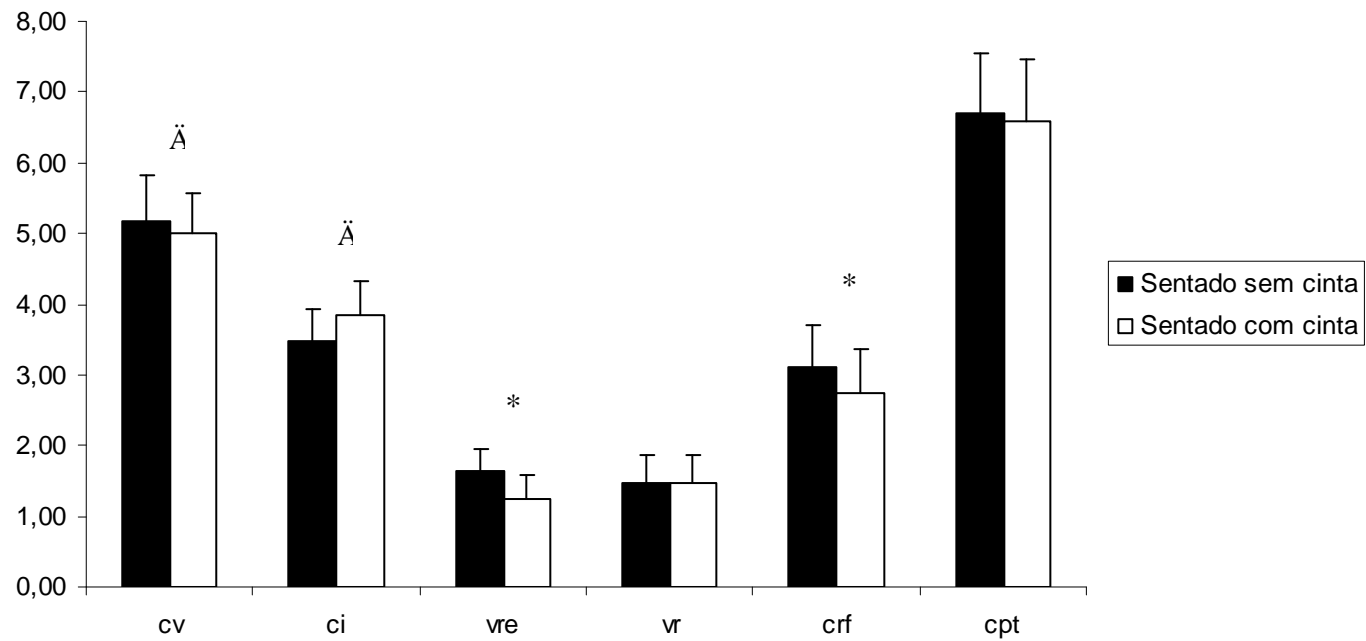
Figura 11 - Médias (dp) da capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratório (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos dois momentos do protocolo da cinta abdominal do grupo tetraplégico.



* $P < 0,001$

Ä $P < 0,05$

Figura 12 - Médias (dp) da capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratória (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT) basal nos dois momentos do protocolo da cinta abdominal do grupo controle.



* P<0,001
ÄP<0,05

Tabela 17 - Valores absolutos, médios e variação percentual da PInas com o uso da cinta abdominal em ambos os grupos.

Pinas (cmH2O) - Tetraplégicos			
#	Sentado sem cinta	Sentado com cinta	Δ%
1	56	59	5,4
2	25	34	36,0
3	27	34	25,9
4	50	42	-16,0
5	33	37	12,1
6	44	43	-2,3
7	63	65	3,2
8	75	65	-13,3
9	67	63	-6,0
10	45	60	33,3
11	41	45	9,8
12	41	45	9,8
13	33	55	66,7
14	59	52	-11,9
15	26	41	57,7
média	45,7	49,3	14,0
dp	15,7	11,2	25,2
p			0,14

Pinas (cmH2O) - Controles			
#	Sentado sem cinta	Sentado com cinta	Δ%
1	91	83	-8,8
2	106	108	1,9
3	106	110	3,8
4	124	93	-25,0
5	86	74	-14,0
6	69	89	29,0
7	76	71	-6,6
8	92	66	-28,3
9	45	65	44,4
10	116	116	0,0
11	95	81	-14,7
12	90	72	-20,0
média	91,3	85,7	-3,2
dp	21,4	17,7	21,5
p			0,25

Consolidação dos resultados

Volumes e capacidades

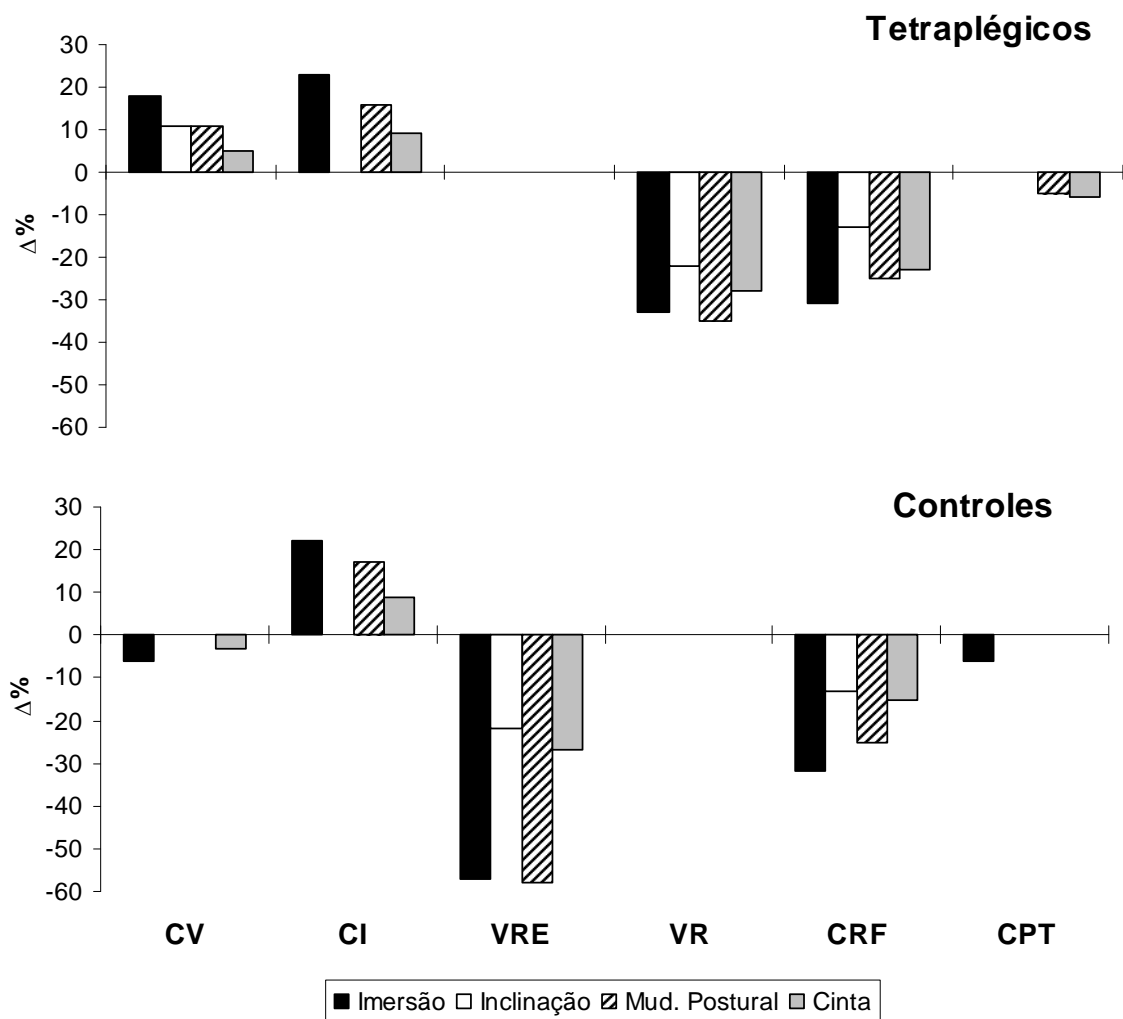
Reconhecendo a dificuldade em acompanhar todas as variações nos volumes e capacidades decorrentes dos protocolos executados, confeccionamos a Figura 13, no sentido de mostrar, num mesmo cenário, a magnitude e a direção das modificações observadas. Assim, colocamos as variações percentuais dos quatro protocolos, cuja disposição, dentro de cada um, obedeceu a uma lógica do deslocamento teórico do diafragma no sentido cranial. Exibimos a variação percentual dos volumes e capacidades pulmonares de fora da piscina (manguito insuflado) para imersão (manguito desinsuflado); da inclinação de $+20^\circ$ para -20° ; da posição sentada para deitada; e, finalmente, sentado sem cinta para sentado com cinta abdominal.

Escolhemos, no protocolo de imersão, as situações envolvendo manguito insuflado (fora da piscina) e desinsuflado (dentro da piscina), com o objetivo de tornar comparáveis com os demais protocolos, onde, teoricamente, o componente volêmico também pode ter interferido.

De maneira geral, observando a figura em questão, tivemos quatro grandes constatações dignas de nota. Primeiro, as modificações observadas na capacidade inspiratória foram semelhantes em magnitude e sentido (aumento) entre os grupos, em todos os protocolos estudados, com exceção da inclinação. Em segundo lugar, também verificamos um comportamento semelhante da capacidade residual funcional em magnitude e sentido (redução) entre os grupos. Porém, com uma diferença importante entre elas, ou seja, a redução deste parâmetro no grupo tetraplégico decorreu de uma contribuição exclusiva da diminuição no volume residual. Já no grupo controle, a redução na capacidade residual funcional decorreu, essencialmente, da diminuição no

volume de reserva expiratório. Uma terceira constatação refere-se à capacidade vital, que aumentou em todos os protocolos entre os tetraplégicos, enquanto no grupo controle diminuiu (imersão e cinta) ou não se alterou (inclinação e mudança postural). A quarta e última observação está relacionada com a capacidade pulmonar total, que apresentou redução modesta, pelo menos em relação às modificações anteriores, em ambos os grupos e em situações específicas.

Figura 13 - Consolidação dos resultados (média da variação percentual) dos volumes e capacidades pulmonares* nos quatro protocolos estudados.**



* Siglas utilizadas: capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratório (VRE), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT).

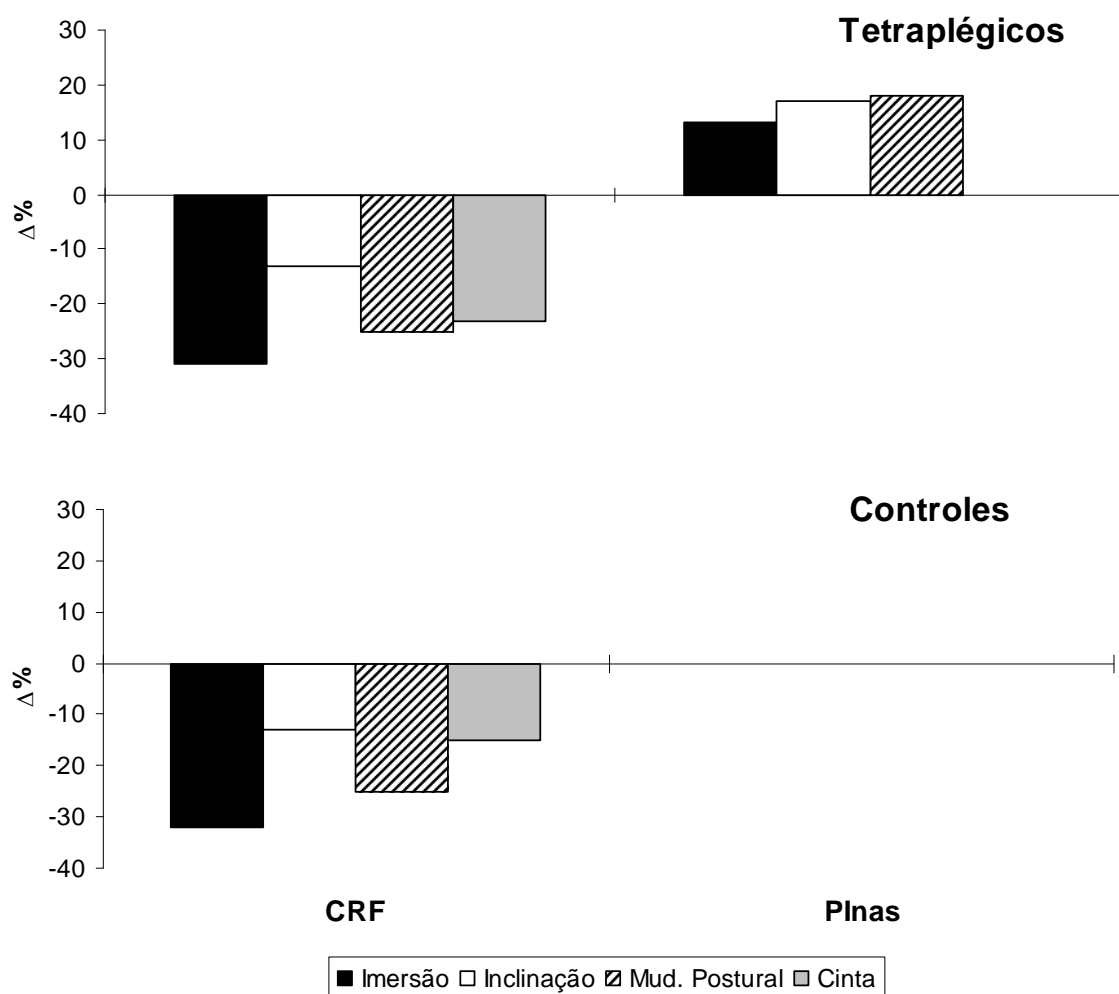
** Imersão ao nível dos ombros com manguito desinsuflado, comparado com fora da piscina, manguito insuflado; inclinação, comparação de +20° para -20°; mudança postural de sentado para supino; cinta abdominal, comparado sem a mesma.

Pressão inspiratória nasal ao fungar (PInas)

Seguindo o mesmo objetivo anterior, consolidamos na Figura 14 as variações percentuais da PInas e da capacidade residual funcional, nos quatro protocolos. Repetimos aqui a capacidade residual funcional mantendo a coerência declinada anteriormente, ou seja, facilitar a interpretação da PInas, já que esse parâmetro foi obtido naquela condição.

Apesar da redução da capacidade residual funcional observada em ambos os grupos, verificamos que a PInas alterou apenas no grupo tetraplégico, no sentido de melhora.

Figura 14 - Consolidação dos resultados (média da variação percentual) da pressão inspiratória nasal ao fungar (PINas) e da capacidade residual funcional (CRF) nos quatro protocolos estudados.*



* Imersão ao nível dos ombros com manguito desinsuflado, comparado com fora da piscina, manguito insuflado; inclinação, comparação de +20° para -20°; mudança postural de sentado para supino; cinta abdominal, comparado sem a mesma.

Discussão

Resumo

A partir de uma casuística não-aleatória, envolvendo 15 pacientes tetraplégicos e 12 indivíduos controles, investigamos a influência da imersão, inclinação, mudança postural e cinta abdominal nos volumes e capacidades pulmonares, além da PInas. Constatamos que ambos os grupos, em todas as situações estudadas, reduziram similarmente a capacidade residual funcional. No entanto, essa modificação teve origens diferentes, já que entre os tetraplégicos essa redução decorreu pela diminuição do volume residual e, entre os controles, pela redução exclusiva do volume de reserva expiratório. Ademais, a PInas, mensurada justamente na capacidade residual funcional, aumentou significativamente apenas no grupo tetraplégico. Embora a capacidade pulmonar total tenha se alterado em ambos os grupos de forma discreta, a capacidade vital teve variações positivas em todas as quatro situações investigadas somente entre os tetraplégicos.

A partir desses resultados, concluimos que nos protocolos investigados a melhora da capacidade vital entre os tetraplégicos não decorreu do aumento na força diafragmática, já que a capacidade pulmonar total não acompanhou as mesmas modificações. A melhora exclusiva da PInas entre os pacientes deve ser interpretada com cautela mas, possivelmente, esteja relacionada com diferentes pontos da curva pressão-volume entre os grupos, onde as mensurações foram conduzidas.

Os fenômenos aqui constatados decorrem, possivelmente, de redistribuição de volumes pulmonares que se processa de forma diferenciada entre os grupos. Nos tetraplégicos a principal modificação é o aumento da complacência abdominal com

rebaixamento diafragmático e conseqüente aumento do volume residual, razão pela qual constatamos as modificações nos quatro protocolos que favoreceram o deslocamento cranial do diafragma. Já nos controles, onde o tônus da musculatura abdominal encontra-se preservado, as situações investigadas apenas limitaram a excursão expiratória. Embora a alteração volêmica relacionada com as quatro situações investigadas seja um fato notório, de difícil discernimento, consideramos que este fator configura um confundidor, tendo influenciado mais algumas das alterações observadas entre os indivíduos do grupo controle, particularmente durante a imersão.

Validade interna e externa

Entende-se por validade interna todas as características metodológicas que nos fazem acreditar nos resultados obtidos num delineamento de pesquisa.¹⁰⁵ Deste modo, consideramos que a presente investigação apresentou detalhes no sentido de minimizar confundidores e depurar suas conclusões.

Algumas dessas preocupações metodológicas se resumiram na tentativa de padronizar, o máximo possível, a rotina e as condições em que os protocolos foram conduzidos. Destacamos a nossa preocupação em garantir um intervalo de tempo mínimo de 5 minutos entre as determinações dos volumes pulmonares com a técnica dilucional de hélio, para não termos interferência nas medidas subseqüentes;²¹ o fato dos pacientes não utilizarem meias compressivas, colar cervical ou qualquer outro tipo de órtese, que pudesse influenciar na expansibilidade torácica, abdominal e no volume sanguíneo efetivo; a exclusão dos indivíduos com instabilidade clínica, relato ou presença de traqueostomia, bem como pneumopatia em atividade há pelo menos 3 meses; e o fato da amostra ser formada exclusivamente por homens. Além disso, a calibração dos equipamentos sempre foi realizada antes da avaliação dos indivíduos,

seguindo rigorosamente as recomendações dos fabricantes e consensos sobre o tema.^{21;99-101}

Especificamente relacionado ao protocolo realizado no Setor de Hidroterapia, devemos ressaltar a preocupação em controlarmos a temperatura da água, o tempo de imersão, a profundidade e o retorno venoso. Este último foi obtido mediante a utilização de manguitos posicionados nas bases das coxas e controlados eletronicamente, para manutenção da mesma pressão, bilateralmente. Todos estes aspectos são importantes em protocolos conduzidos em ambientes de imersão e, particularmente, entre pacientes com lesão medular, que apresentam dificuldade na sua regulação térmica, condição conhecida como poiquiloterma.^{2;106}

Nas etapas conduzidas no Laboratório de Função Pulmonar outros aspectos devem ser destacados. No protocolo da inclinação, nos preocupamos em randomizar a seqüência em que os pacientes foram posicionados (supino, +20° e -20°), além do fato de termos utilizado uma maca de ðiltô eletrônica, ou seja, com precisão e velocidade da inclinação padronizadas. Já em relação à cinta abdominal, algumas providências também foram tomadas como, por exemplo, a colocação da mesma sempre com o paciente em decúbito dorsal, além de empregarmos uma cinta padronizada, de utilização cotidiana no hospital.

A validade externa, no contexto da presente investigação, diz respeito à extrapolação dos resultados obtidos para outras populações de indivíduos com lesão medular.¹⁰⁵ Nesse sentido, consideramos que foi selecionado um grupo de pacientes que reflete o cotidiano de um hospital de reabilitação, especializada nesses casos. Ou seja, em termos de idade, tempo de lesão e demais características clínicas, como espasticidade, controle vesical e intestinal, além dos fármacos em uso, o grupo de pacientes investigados reflete bem essa realidade.

Limitações do estudo

Algumas considerações são importantes de serem pautadas a respeito de limitações existentes nessa investigação. Afinal, não existe estudo perfeito.

Destacamos aqui alguns aspectos que assumimos nessa investigação, relacionados à variação volêmica e posição do diafragma, nos diversos protocolos investigados. De fato, com exceção dos manguitos utilizados na imersão, não empregamos nenhum outro mecanismo formal que pudesse nos nortear quanto às variações volêmicas associadas em cada uma das situações estudadas ou quanto a real posição do diafragma. A complexidade do delineamento, bem como a disponibilidade de publicações prévias, incluindo a dos próprios autores,^{1;2} nos influenciaram nessa decisão.

Vale destacar aqui que, durante a insuflação dos manguitos nas raízes das coxas de todos os participantes, não observamos nenhuma alteração clínica, hemodinâmica ou da função pulmonar, particularmente entre os pacientes tetraplégicos. Como destacamos anteriormente, quando comparamos os volumes pulmonares, antes e após a insuflação dos manguitos, previamente à imersão, não constatamos nenhuma diferença. Essa constatação reveste-se de especial importância quando lembramos que pacientes tetraplégicos podem apresentar, eventualmente, mediante estímulos nociceptivos ou viscerais, disreflexia autonômica,¹⁰⁷ fato esse não observado por nós.

Questões específicas relacionadas às limitações do uso da cinta abdominal serão abordadas oportunamente.

Volumes pulmonares

Inicialmente iremos tecer alguns comentários relativos às alterações do volume pulmonares basais em pacientes com lesão medular cervical e as razões que nos levaram a escolher os quatro protocolos escolhidos.

A lesão medular compromete, a depender do nível e extensão, os músculos respiratórios e o componente simpático do sistema nervoso autônomo.^{13;14} De maneira geral, pacientes com lesão medular cervical tem os músculos expiratórios, representados principalmente pelos músculos abdominais, invariavelmente afetados, já que estes apresentam segmentação mais baixa. Por outro lado, o principal músculo inspiratório, o diafragma, encontra-se poupado nos pacientes com nível de lesão abaixo de C5. São estes três aspectos, paralisia do músculos abdominais, diafragma poupado e amputação simpática que caracterizam, de maneira geral, a disfunção pulmonar nesses pacientes.¹⁴ A perda do tônus e controle muscular expiratório leva a um importante comprometimento da tosse e aumento da complacência abdominal, principais responsáveis pelas freqüentes complicações respiratórias exibidas, particularmente as pneumonias e atelectasias.¹¹ O diafragma é afetado indiretamente, já que com o aumento da complacência abdominal ocorre o seu rebaixamento e diminuição das áreas de justaposição costais, com conseqüente redução da sua eficiência.

A amputação simpática promove dominância parasimpática, levando a hipertonciedade brônquica, responsável pelas queixas de dispnéia e desconforto respiratório, freqüentemente relatadas.^{31;108;109} Essas alterações respondem por um volume residual aumentado, redução do volume de reserva expiratório e manutenção da capacidade residual funcional, razão pela qual esses pacientes cursam com trocas gasosas inalteradas. A capacidade vital também é bastante afetada, relacionada com o avanço do volume residual, embora a capacidade pulmonar total seja levemente

reduzida, caracterizando distúrbio ventilatório restritivo de leve a moderado (Figura 3).¹⁴ A caracterização da função pulmonar dos pacientes aqui investigados mostrou exatamente esse padrão. Embora não tenham exibido alterações espirométricas compatíveis com distúrbio ventilatório obstrutivo, sabe-se que esse diagnóstico somente pode ser obtido com provas farmacológicas e a utilização de métodos pletismográficos.¹⁰⁸

Todos os cenários escolhidos na presente investigação promovem a elevação do diafragma,^{81-83;110} além de consistirem em manobras clínicas rotineiras, tanto no âmbito hospitalar, como domiciliar. É freqüente a indicação de Trendelenburg, mudança postural e cintas abdominais para lidar com questões relacionadas ao desconforto respiratório e hipotensão em pacientes com lesão medular.^{93;111-114} Atividades físicas sob imersão são corriqueiramente indicadas para melhora do treino de equilíbrio, condicionamento físico e reforço da musculatura residual nesses pacientes.¹¹⁵⁻¹¹⁸ No entanto, até o momento, nenhum estudo investigou as quatro situações, num mesmo contexto e com os mesmos pacientes. A grande vantagem dessa abordagem é facilitar e integrar os diversos aspectos envolvidos nas manobras estudadas, cujos mecanismos de ação ainda não se encontram bem esclarecidos na literatura.

Imersão

A presente investigação demonstrou que pacientes tetraplégicos, sob imersão com água ao nível dos ombros, exibem aumento médio da capacidade vital de 21%, comparado com os valores basais. Esse aumento está associado a incremento da capacidade inspiratória, às custas de redução nos volumes de reserva expiratório e residual. Contrastando com este resultado, os indivíduos do grupo controle exibiram redução média da capacidade vital de 4%. O aumento da capacidade vital nos pacientes

está relacionado à redução do volume residual, que ocorreu de forma independente ao aumento da volemia, avaliada através da liberação dos manguitos durante a imersão. O grupo controle apresentou redução significativa da capacidade vital apenas com a imersão e a liberação da pressão nos manguitos, mostrando que nestes o componente volêmico se faz mais evidente.

Até o momento quatro publicações investigaram a influência da imersão sobre a função pulmonar de indivíduos tetraplégicos, cujos resultados foram concordantes e complementares aos aqui observados. Jaeger e cols⁵⁰ mostraram que a imersão com água na altura dos ombros induziu elevação da capacidade vital, acompanhada de queda no volume residual, quando comparado com as condições basais. Essa última alteração foi confirmada por Bosch e Wells,⁴⁹ considerando o mesmo nível de imersão. Da mesma forma, Thomaz e cols⁶² e Leal e cols,² observaram aumento significativo da capacidade vital de tetraplégicos imersos também com água nos ombros. Nesta última publicação foi levado em consideração as alterações volêmicas provocadas pela imersão com a determinação seriada do hematócrito e também a utilização de manguitos.⁹⁹

De acordo com as propriedades físicas da água, a pressão hidrostática aumenta em profundidades maiores e reduz à medida que se aproxima da superfície.⁹⁸ Dessa forma, na imersão com a cabeça para fora, ocorre um gradiente de pressão que favorece o deslocamento de sangue dos membros inferiores e região abdominal para a área central (tórax). Esse aumento do retorno venoso se deve não só a mobilização do conteúdo intravascular, como também dos líquidos intersticiais.⁹⁸ Estima-se que ocorra um deslocamento de cerca de 700 ml de sangue dos membros inferiores e abdômen para a caixa torácica em indivíduos hígidos, sob imersão ao nível dos ombros.⁹⁸ Leal e cols² mostraram que a imersão até os ombros promove queda de 4 pontos percentuais no hematócrito, tanto entre indivíduos com lesão medular cervical como voluntários

sadios. Esses resultados confirmaram as observações de Tajima e cols¹¹⁹ que demonstraram aumentos equivalentes do débito cardíaco entre tetraplégicos e controles, durante a imersão.

No grupo tetraplégico, quando analisamos os efeitos da imersão, isolando o componente sanguíneo, observamos melhora da capacidade vital, associada à redução do volume residual, com a capacidade pulmonar total inalterada. Isso sugere que houve transferência de ar do volume residual para capacidade vital. Estudos prévios sugeriram que o diafragma seria deslocado para uma posição mais cranial durante a imersão nesses indivíduos.^{1;2;49;50} Esse deslocamento se daria pela pressão hidrostática sobre um abdômen flácido, acrescido do empuxo sobre as vísceras ocas que, por sua vez, elevariam ainda mais o diafragma.^{1;120;121} Para ser ter idéia da magnitude somente da pressão hidrostática sobre o abdômen, numa simples imersão até os ombros, estima-se que essa pressão possa chegar a 50 cmH₂O, considerando um indivíduo de estatura mediana.¹¹⁷

Essa elevação do diafragma colocaria o músculo numa posição mecanicamente mais favorável, já que diminuiria o seu raio, melhorando a relação comprimento-tensão. Porém, já que a capacidade pulmonar total não se alterou, podemos concluir que temos aqui apenas uma transferência de volumes, possivelmente pelo deslocamento diafragmático. Resta especular porque a PInas melhorou somente no grupo tetraplégico, já que os indivíduos do grupo controle também reduziram significativamente sua capacidade residual funcional, questão que iremos retomar mais adiante.

Após a liberação do manguito, com os pacientes ainda sob imersão, nenhuma modificação foi constatada nos volumes pulmonares. Sabe-se que a imersão promove modificações volêmicas em tetraplégicos, da mesma magnitude e sentido daquela observada em indivíduos hígidos.^{2;119} Presumimos que a redistribuição de volumes

pulmonares promovida pela imersão, em pacientes tetraplégicos, é tão marcante que não sofreu nenhuma atenuação significativa com o maior aporte sanguíneo torácico promovido pela imersão.

No grupo controle, durante a imersão com manguito insuflado, a capacidade vital e a capacidade pulmonar total mantiveram-se inalteradas. Esse resultado, num primeiro momento, contrariou os dados da literatura que, invariavelmente, demonstram queda da capacidade vital. Porém, após a desinsuflação do manguito, esses dois parâmetros reduziram significativamente. Ou seja, o afluxo de sangue para o tórax durante a imersão, possivelmente, é o fator determinante na redução da capacidade vital observada. De fato, essa nossa constatação já tinha sido demonstrada em estudos prévios. A literatura tem apontado redução variável da capacidade vital (4% a 12%)^{51-56;58-69;75} e volume residual (6% a 20%)^{51;53;64;68;76} em indivíduos saudáveis. Nesses, o ingurgitamento pulmonar tem sido apontado como o principal responsável pela queda na capacidade vital e complacência pulmonar, bem como incremento do volume de oclusão, com conseqüente aumento do trabalho respiratório.^{53;54;59;69;117} De forma associada, descreve-se também o efeito da pressão hidrostática sobre o tórax, limitando sua expansibilidade, com redução média de 10% da circunferência do tórax,¹¹⁷ elevando a cúpula diafragmática para uma posição mecanicamente menos favorável para sua excursão.⁵¹

Em suma, a imersão ao nível dos ombros melhorou a capacidade vital entre tetraplégicos, enquanto reduziu nos controles. A melhora nos primeiros, possivelmente, foi decorrente de redistribuição de ar dos volumes residual para o de reserva inspiratória, que não sofreu interferência do maior aporte sanguíneo para o tórax. Já entre os controles, foi justamente esse último fator que, aparentemente, contribuiu mais para a redução da capacidade vital.

Inclinação, mudança postural e cinta abdominal

As alterações da função pulmonar na lesão medular sob imersão, possivelmente, encontram um paralelo com as mesmas modificações constatadas com a inclinação, mudança postural e contenção abdominal com cinta, como veremos mais adiante. Como essas três últimas situações compartilham mais aspectos em comum do que com a imersão, resolvemos discuti-las a parte e em conjunto.

Um dos primeiros autores a investigar os efeitos da inclinação sobre a função pulmonar em tetraplégicos foi Cameron e cols, em 1955 (Figura 4).¹⁹ Já naquela ocasião a platipnéia típica desses casos foi mostrada em 11 pacientes, utilizando inclinações entre +15° e -15°. Os autores observaram uma amplitude de variação entre os extremos (+15° e -15°) de 13% na capacidade vital, equivalente àquela por nós observada, embora tenhamos utilizado 20° de variação para baixo e para cima. Mediante a utilização de raios-x simples, os autores demonstraram, em um dos pacientes, os efeitos da inclinação sobre o a posição do diafragma (mais cranial ou caudal), tanto na inspiração como na expiração. Concluíram pelos benefícios da posição de Trendelenburg nessa população, destacando também os efeitos da drenagem postural, facilitando a toaleta brônquica.¹⁹

A mudança postural de sentado para deitado tem grande similaridade com o protocolo de inclinação, embora não sejam exatamente as mesmas manobras. De qualquer forma, fundamentalmente, temos também aqui a ação gravitacional sobre as vísceras abdominais e estruturas torácicas, determinando a posição do diafragma. Apenas resolvemos separar a apresentação dos protocolos, em termos de metodologia e resultados, para facilitar o discernimento de eventuais confundidores envolvidos, como: posição das pernas e braços quando sentado, variação volêmica, influência da posição recostada do tórax quando inclinado, dentre outros. No geral, a simples passagem da

posição sentada para supina acarreta melhora das capacidades vital e inspiratória, da ordem de 30% a 60% nesses indivíduos.^{77;80-82;122;123} Da mesma forma, observa-se melhora das capacidades vital e inspiratória, na posição sentada, com a contenção abdominal, da ordem de 10% a 30%.^{83;84;86-88;90-93;123} Esses percentuais foram observados por nós, porém em menor magnitude. As posições sentada (com contenção abdominal) e supina, em grau variável, favorecem uma melhor excursão diafragmática. Significa dizer que a posição do diafragma é o fator determinante nas variações observadas, já que os efeitos deletérios da posição sentada sobre a capacidade vital são totalmente revertidos quando o paciente assume essa postura, porém com contenção abdominal.⁸²

A utilização de cintas abdominais entre pacientes com lesão medular é uma constatação corriqueira nos ginásios de reabilitação, enfermarias e ambulatórios dedicados a esses pacientes. Elas são utilizadas com dois propósitos: melhora da dispnéia e alívio da instabilidade hemodinâmica, manifesta por hipotensão ortostática. Não existem grandes evidências quanto aos possíveis mecanismos envolvidos nessa última indicação. Quanto à primeira, o alívio do desconforto respiratório, vários estudos foram publicados, culminando com uma metanálise, consolidando todos os resultados.⁹³ Embora a conclusão dessa metanálise não tenha sido pela indicação sistemática da cinta abdominal, uma grande contribuição foi dada para o aprofundamento no tema. Além da baixa qualidade metodológica dos artigos, aspectos como diversidade dos tipos de cintas abdominais, algumas sendo até mesmo toracoabdominais, forma de posicionamento e fixação no paciente, bem como aferição inexistente ou precária do grau de tensão dispensada, são aspectos que precisam ainda ser aprimorados, questões, aliás, que retomaremos mais adiante.

Encerrando essa etapa da discussão sobre os volumes pulmonares, seria interessante destacar que mesmo entre os indivíduos hígidos observamos variações expressivas do volume de reserva expiratório e, por extensão, da capacidade residual funcional, particularmente com a imersão e mudança postural, possivelmente por mecanismos diferentes daqueles observados entre os tetraplégicos. A variação volêmica, ou seja, aumento do retorno venoso, talvez tenha uma participação mais importante aqui, embora não exclusiva, já descrita em estudo anterior, considerando a integridade da musculatura expiratória e, por conseguinte, da complacência abdominal.⁵¹ A utilização do manguito durante a imersão foi esclarecedora nesse aspecto, embora não tenha sido usado nos demais protocolos. Outro fator importante aqui pode ser o deslocamento diafragmático mais cranial, avançando sobre o volume de reserva expiratório.

Além desses fatos, não devemos esquecer outras diferenças específicas entre esses protocolos como, por exemplo, pressão hidrostática sobre o tórax e pressão das vísceras abdominais ocas elevando o diafragma, durante a imersão, assim como, pressão gravitacional sobre os pulmões e mediastino, além da compressão torácica dorsal, envolvidos durante a mudança postural. De qualquer forma, essas modificações não foram suficientes para alterar as capacidades vital e pulmonar total entre os indivíduos do grupo controle.

Pressão inspiratória nasal ao fungar (PInas)

Antes de entrarmos na interpretação do comportamento da PInas nos diversos protocolos aqui investigados, iremos discutir as razões que nos levaram à adoção somente desse parâmetro de pressão respiratória. Logo em seguida, iremos analisar os

resultados obtidos com a PInas na imersão, inclinação, mudança postural e cinta abdominal, isoladamente e, para finalizar, de forma integrada.

Embora o grupo de pesquisa da função pulmonar do SARA H Brasília tenha publicado artigo recente sobre as pressões respiratórias estáticas máximas em pacientes com lesão medular de diferentes níveis,³⁵ consideramos que a adoção dessas medidas não iria contribuir para os nossos objetivos. Primeiramente, porque, tradicionalmente, as pressões estáticas máximas inspiratória e expiratória são aferidas, respectivamente, no volume residual e capacidade pulmonar total. Nestas condições as pressões obtidas correspondem às somas algébricas das pressões geradas pelos músculos e pelo sistema respiratório (parênquima pulmonar e gradil costal).^{22;124} A pressão gerada pelo componente do sistema respiratório sofre influência direta dos volumes pulmonares. Ou seja, uma capacidade pulmonar total reduzida ou um volume residual aumentado iriam influenciar, per se, em pressões máximas estáticas menores, respectivamente, expiratória e inspiratória. É exatamente essa condição que encontramos em pacientes tetraplégicos.

Uma solução alternativa para essa situação peculiar seria adotarmos medidas de pressões respiratórias estáticas máximas, inspiratória e expiratória, a partir de esforços na capacidade residual funcional, já que esse parâmetro encontra-se próximo da normalidade nesses pacientes, minimizando a influência gerada pelo sistema respiratório. Dois aspectos nos desencorajaram nesse sentido: a inexistência de equações de previsão nestas circunstâncias, além do fato de que iríamos acrescentar mais dois testes envolvendo esforços máximos, num protocolo que já envolvia outras mensurações repetitivas.

Ainda neste contexto, vale destacar que, com base nos dados da literatura e nos resultados da presente pesquisa, grande parte das variações volumétricas exibidas por

esses pacientes, seja durante a imersão, inclinação, mudança postural ou contenção abdominal, são decorrentes de redistribuição entre volume residual e capacidade vital. Possíveis modificações nas pressões máximas, inspiratória e expiratória, durante as manobras realizadas nos protocolos de investigação poderiam sofrer influência variável dos diferentes volumes, mais especificamente do volume residual, de difícil discernimento do componente relacionado à força muscular. Por esses motivos é que optamos por adotar somente a PInas, considerando que o nosso maior foco de interesse era monitorar a participação do diafragma nas circunstâncias investigadas, além do fato de que esta medida de pressão é tradicionalmente conduzida na capacidade residual funcional e com equação de previsão disponível,⁴⁴ embora envolvendo voluntários suíços.

De fato, todos os pacientes investigados exibiram valores de PInas abaixo do limite inferior de normalidade, sendo que a média do percentual do previsto foi de 40%. Como era de se esperar, nenhum dos controles apresentaram anormalidade para este parâmetro. Lembramos, novamente, que essa medida foi obtida na capacidade residual funcional que, em ambos os grupos, ficou acima de 80% do previsto (87% e 93% nos grupos tetraplégico e controle, respectivamente). Com base nesses fatos, podemos interpretar que nossos pacientes exibiam distúrbio muscular diafragmática, já que foi excluído o componente relacionado ao sistema respiratório. Consideramos que a redução na PInas decorre mais da disfunção do que propriamente da fraqueza muscular diafragmática. Isto decorre do fato de que nenhum dos nossos pacientes teve comprometimento total da inervação diafragmática (C3-5), ou seja, essa disfunção possivelmente decorreu da ineficiência mecânica desse músculo, proporcionada pela maior complacência abdominal, típica desses casos.¹⁴ Tanto é verdade que, com exceção do uso da cinta abdominal, em todas as demais situações em que diminuimos

essa complacência abdominal (pressão hidrostática, inclinação ou mudança postural) houve melhora da PInas, além do fato de considerarmos o ponto favorável da curva pressão-volume que esses pacientes possivelmente se encontram.

A PInas na imersão apresentou comportamento bastante interessante e coerente. Sumariamente, obtivemos redução média da capacidade residual funcional de um terço em ambos os grupos. No entanto, constatamos aumento médio da PInas de 13% somente nos tetraplégicos. Como dissemos no parágrafo anterior, a capacidade residual funcional em condições basais era semelhante nos dois grupos, e, portanto, após a imersão elas se mantiveram próximas. No entanto, a PInas só melhorou no grupo tetraplégicos. Como interpretar esses resultados?

Duas possíveis explicações, não excludentes, podem ser aqui aventadas para esse comportamento. A primeira relacionada com o fato de que os grupos, apesar de terem reduzido a capacidade residual funcional de forma semelhante, se encontram em pontos diferentes da curva comprimento-tensão do diafragma.¹²⁵ Mais especificamente, embora em termos percentuais médios ambos tenham reduzido aproximadamente 30%, os tetraplégicos partiram de 2,6 litros (40% da capacidade pulmonar total teórica) para 1,8 litros, enquanto os controles foram de 3,3 (49% da capacidade pulmonar total teórica) para 2,3 litros. Como a relação comprimento (no nosso caso, volume, eixo y) x tensão (no nosso caso, pressão, eixo x) é positiva, porém sigmoideal, podemos inferir que o grupo controle se encontraria em um ponto mais central da curva, enquanto os tetraplégicos numa porção mais à esquerda, no platô inferior.¹²⁵ A segunda explicação estaria relacionada com a pressão hidrostática atuando na região abdominal, melhorando a contração diafragmática com aumento da área de justa aposição. Essa última hipótese fica menos provável quando lembramos que as modificações na capacidade pulmonar total não foram da mesma magnitude.

No que tange ao comportamento da PInas nos três momentos de inclinação variável, os resultados mantiveram a coerência com a etapa discutida anteriormente. Antes de entrarmos no mérito propriamente dito da interpretação desses resultados, devemos aqui destacar o fato de que as posições investigadas, supina, inclinações com cabeça para cima (+20°) e para baixo (-20°) foram aleatorizadas para cada indivíduo. Significa dizer que um possível viés, relacionado com a interferência de uma posição sobre a outra, ficou minimizado. Deste modo, enquanto o grupo controle não exibiu nenhuma diferença, o mesmo não aconteceu entre os tetraplégicos, embora a capacidade residual funcional tenha alterado de forma semelhante em ambos os grupos. Nos tetraplégicos, a PInas aumentou aproximadamente um quinto, quando comparamos a posição de cabeça para cima com a posição de cabeça para baixo. Esse fenômeno já foi descrito na literatura e é denominado platipnéia.¹⁹ As únicas outras situações clínicas em que os pacientes podem melhorar sua condição respiratória na posição de Trendelenburg são nos shunts interatrial e intrapulmonar,¹²⁶ situação essa improvável nos nossos pacientes. A interpretação para este resultado segue o mesmo fenômeno de redistribuição de volumes pulmonares motivada pela posição rebaixada do diafragma.

Vale destacar que a diferença na PInas entre a posição inclinada com a cabeça para cima, comparada com a posição horizontal, foi limítrofe para ser considerada significativa ($P=0,03$), já que adotamos a correção de Bonferroni. Muito possivelmente dois aspectos podem ter acontecido aqui: um relacionado à variação por nós adotada, ou seja, a variação de apenas 20°, insuficiente para mostrar alterações pressóricas; e outro a possibilidade de um erro tipo II, ou seja, o número de observações não foi suficiente para evidenciar potenciais diferenças. Vale lembrar que, quando comparamos a posição horizontal com a sentada, descartados outros fatores intervenientes, como

compressão torácica dorsal e as alterações volêmicas associadas, encontramos variação significativa de 18% ($P < 0,02$).

Tanto no protocolo de inclinação como no de mudança postural, as alterações encontradas para a PInas foram significativas somente entre os tetraplégicos e endossam os resultados já demonstrados na literatura: a flacidez da musculatura abdominal leva a aumento da complacência deste compartimento que, por sua vez, compromete a sustentação do diafragma, parcialmente revertido pela ação gravitacional sobre as vísceras abdominais durante as manobras posturais.^{14;82} Tanto isso é verdade que nenhuma variação foi encontrada entre os controles, mostrando que, independente da posição, o tônus abdominal íntegro mantém a complacência abdominal em níveis seguros para um bom desempenho diafragmático. Devemos lembrar que, ao contrário da preocupação em aleatorizar a seqüência de inclinações, por uma questão de protocolo, a mudança postural seguiu a mesma seqüência: primeiro sentado e depois em supino. Resta especular se essa seqüência pode justificar o incremento médio observado na PInas. Possivelmente não, já que a variação seguiu o mesmo comportamento observado durante os testes de inclinação, demonstrando que o mesmo fenômeno encontra-se envolvido nas duas situações. Ademais, a literatura também é vasta em demonstrar os benefícios da mudança postural nesses pacientes sobre a capacidade vital,^{77;78;80-82;122} embora nunca tenha sido investigado com a PInas.

Seguindo a lógica dos resultados anteriores, esperávamos encontrar melhora significativa da PInas no grupo tetraplégico com o uso da cinta abdominal e nenhuma alteração no grupo controle. Isso não aconteceu. Antes de entrar no mérito desse resultado, destacamos que a seqüência de avaliação foi a mesma, ou seja, sentado sem cinta, seguido da posição sentada com cinta, embora entre estas duas avaliações foi conduzido o protocolo de inclinação (Figura 6).

Durante essa avaliação foi utilizado o mesmo modelo de cinta, cujo tamanho foi estimado para cada paciente. Reconhecemos que, idealmente, deveríamos ter medido o perímetro abdominal de cada participante, no sentido de padronizar ainda mais o ajuste da cinta. Outra preocupação crucial nesse contexto envolveu a forma de colocação da cinta abdominal. Essa deve sempre ser posicionada com o paciente em decúbito dorsal, já que nessa condição as vísceras abdominais e o diafragma se encontram numa posição mais favorável, tanto para o seu ajuste, em torno do abdômen do paciente, como em termos de conforto para o mesmo. Entretanto, um ponto crítico a ser discutido aqui, é a pressão que foi utilizada para ajustar a cinta, já que não existe padronização, baseada em parâmetros objetivos, que defina qual o grau de compressão ideal, já comentado anteriormente. Todas as limitações descritas acima, possivelmente, possam justificar as divergências encontradas em diversos protocolos envolvendo cinta abdominal em pacientes com lesão medular, publicados na literatura.⁹³ Devemos lembrar também que existem diversos modelos disponíveis de cinta abdominal, algumas se estendendo para o gradil costal inferior, além de serem confeccionadas em diferentes tipos de materiais.^{91;93;127}

Possivelmente, a inexistência de diferenças entre os indivíduos tetraplégicos sentados, sem cinta e, posteriormente, com cinta, tenham decorrido dos inúmeros confundidores já mencionados, em que pese a nossa preocupação de padronização. Mais especificamente, a grande lacuna aqui talvez tenha sido a falta de um parâmetro de uniformização da compressão abdominal, obtido com o ajuste da cinta em torno do abdômen. Apenas um autor publicou a avaliação da cinta abdominal em tetraplégicos com padronização de 35 mmHg de pressão sobre o abdômen dos indivíduos, embora não tenha investigado pressões nem volumes pulmonares.¹²⁸ Padronização essa que, de certa forma, ocorreu nos três protocolos anteriores, ou seja, a mesma pressão

hidrostática quando da imersão e a mesma força gravitacional quando da inclinação e da mudança postural. De qualquer forma, devemos destacar que, embora não significativo, dois terços dos tetraplégicos aumentaram a PInas em pelo menos 5%, enquanto apenas dois controles, entre os onze investigados, apresentaram mudanças semelhantes.

Resumindo, constatamos que a PInas mostrou variações no sentido de melhora da performance diafragmática relacionada com a imersão, inclinação e mudança postural. Essas variações somente não foram detectadas com o uso da cinta abdominal, possivelmente pela falta de padronização no grau de compressão desse dispositivo, o que não ocorreu nos demais protocolos.

Influência da volemia

Embora muitos dos aspectos concernentes às variações volêmicas já tenham sido discutidos, resolvemos consolidar nesta seção grande parte das idéias já mencionadas previamente, mesmo com o risco de sermos repetitivos.

O presente protocolo objetivou, avaliar o comportamento dos volumes pulmonares e da pressão diafragmática em quatro situações clinicamente importantes, no contexto do paciente tetraplégico. Essas quatro situações (imersão, inclinação, mudança postural e cinta abdominal) alteram a posição do diafragma em função do aumento da complacência abdominal. Porém, um importante confundidor aqui se faz presente: o aumento do retorno venoso.

A volemia, de forma direta ou indireta, irá também se alterar em cada uma das situações em destaque. A volemia aumentada implica em maior retorno venoso, ingurgitamento dos pulmões, com redução do volume residual e da complacência pulmonar e aumento do volume de oclusão, tudo isso resultando em aumento do trabalho respiratório.^{53:129} Durante a imersão existe evidência de que indivíduos hígidos

aumentam a volemia em cerca de 700ml.^{98;130} Isto é verdade também em indivíduos tetraplégicos onde verificou-se aumento do débito cardíaco semelhante ao grupo controle.¹¹⁹ Mais recentemente, demonstramos que o hematócrito caiu, em média, 4 pontos percentuais com a imersão ao nível dos ombros, tanto entre indivíduos tetraplégicos, como controles.²

Quanto à inclinação e a avaliação postural, essas compartilham situações semelhantes, ou seja, ação gravitacional sobre a distribuição da volemia. A literatura é bastante farta em documentar a utilidade dessas manobras para melhorar o retorno venoso, tanto do ponto de vista terapêutico,⁹⁹ como em situações diagnósticas, como no teste de inclinação cardiovascular.^{131;132} Esses mesmos mecanismos foram descritos em paciente com lesão medular cervical.¹¹²

Por último, na prática clínica a cinta abdominal vem sendo frequentemente indicada em pacientes com lesão medular cervical que cursam com hipotensão ortostática, embora sem respaldo na literatura. Os mecanismos envolvidos não estão plenamente esclarecidos, mas fato é que se observa melhora importante dos pacientes com o uso desse dispositivo, permitindo o início do processo de reabilitação. Apenas um estudo avaliou as alterações cardiopulmonares no contexto aqui discutido, utilizando um protocolo pouco esclarecedor. Os autores investigaram 27 tetraplégicos com o uso combinado de cinta abdominal pneumática, mudança postural e compressão de membros inferiores.¹²⁸ De interesse, vale a pena destacar que com o tronco inclinado para cima a 20° e 45°, além do uso de cinta abdominal, obteve-se significativa melhora dos níveis tensionais arteriais.

Mas por que os efeitos do aumento da volemia durante a imersão foram significativos somente entre os controles? Essa pergunta reveste-se de especial importância quando lembramos que a literatura demonstra variações volêmicas

equivalentes entre tetraplégico e controles com a imersão ao nível dos ombros.^{2;119} Muito possivelmente, entre os pacientes estes efeitos não se fizeram perceptíveis, tendo em vista a magnitude das alterações na capacidade vital e volume residual. A Figura 3 do artigo de Leal e cols,² mostra que após a liberação do manguito percebe-se, nos dois pacientes investigados, discreta redução na capacidade vital, embora os efeitos iniciais, promovidos pela imersão prévia, ainda seja o evento dominante. Embora não tenhamos identificado diferença média significativa, dos 15 pacientes aqui investigados, 8 exibiram discreta redução da capacidade vital após a liberação dos manguitos, ainda sob imersão.

Perspectivas

Este estudo é a terceira etapa de uma linha de investigação onde, inicialmente, verificamos melhora da capacidade vital em tetraplégicos com a imersão, seguida de uma análise deste parâmetro em diferentes níveis de profundidade e com um marcador de volemia.^{1;2} Por último, presentemente, a complementação da informação com a análise dos volumes pulmonares e PInas. Qual será o próximo passo?

Alguns importantes aspectos ainda permanecem obscuros no contexto aqui investigado. A real participação do diafragma e a interferência do componente volêmico, principalmente nos protocolos de inclinação, mudança postural e cinta abdominal são os dois primeiros. Um terceiro aspecto tem a ver com os dois anteriores e talvez seja aquele de maior apelo clínico: por que paciente tetraplégicos, com características clínicas semelhantes, exibem respostas diferentes aos protocolos aqui investigados? Devemos também destacar que a capacidade residual funcional foi afetada significativamente em ambos os grupos. Porém, consideramos que esse fato reveste-se de especial importância entre os tetraplégicos, que exibem, freqüentemente,

microatelectasias.¹⁷ Já que as trocas gasosas ocorrem na capacidade residual funcional, consideramos que um próximo passo nessa linha de investigação é acompanhar alguns parâmetros gasométricos e de oximetria de pulso durante os protocolos aqui investigados. Por último, em relação ao diafragma, um importante avanço seria incorporarmos nos protocolos um método de imagem que pudesse avaliar esse músculo, tanto em termos de estrutura, como de mobilidade e posicionamento. Alguns artigos têm sido publicados recentemente utilizando a ultrasonografia e eletromiografia nesse contexto, que reuniria as vantagens de serem métodos pouco invasivos e de fácil aplicação, tanto dentro, como fora da água.^{133;134}

No que tange aos efeitos volêmicos da imersão, também seria interessante investigar seus efeitos, a médio e longo prazo, sobre a instabilidade hemodinâmica que pacientes tetraplégicos freqüentemente apresentam, tanto antes, como após a chamada fase de "choque medular"³⁰ Ainda nesse contexto, não existem dados na literatura concernentes aos possíveis efeitos da imersão sobre a prevenção de trombose venosa profunda, assim como os eventuais riscos de eventos tromboembólicos durante e após a imersão, já que essa população é particularmente propensa para essa grave complicação clínica.¹³⁵

Conclusões

Os resultados da presente investigação demonstraram que a melhora na capacidade vital entre os tetraplégicos foi decorrente de redistribuição de volumes. Embora a capacidade residual funcional tenha diminuído em ambos os grupos, a PInas melhorou somente entre os pacientes. Considerando que a capacidade pulmonar total permaneceu virtualmente inalterada, preferimos interpretar esse resultado como

decorrente do fato de que os dois grupos estão operando em pontos distintos da curva pressão-volume do sistema respiratório.

Concluimos que as situações clínicas aqui investigadas, em que pese suas diferentes especificidades, resultam em aumento da capacidade vital nos pacientes tetraplégicos (devido a redistribuição dos volumes pulmonares), com significativa redução no volume residual e, por conseguinte, da capacidade residual funcional. Considerando que as trocas gasosas ocorrem nesse último parâmetro da função pulmonar, os reais benefícios na utilização desses protocolos também precisam ser revistos.

Referências Bibliográficas

- (1) Thomaz SR, Beraldo PS, Mateus SR, Horan TA, Leal JC. Effects of partial isothermic immersion on the spirometry parameters of tetraplegic patients. *Chest* 2005; 128(1):184-189.
- (2) Leal JC, Mateus SR, Horan TA, Beraldo PS. Effect of graded water immersion on vital capacity and plasma volume in patients with cervical spinal cord injury. *Spinal Cord* 2009.
- (3) Hughes JT. The Edwin Smith Surgical Papyrus: an analysis of the first case reports of spinal cord injuries. *Paraplegia* 1988; 26(2):71-82.
- (4) Eldar R, Jelic M. The association of rehabilitation and war. *Disabil Rehabil* 2003; 25(18):1019-1023.
- (5) Wyndaele M, Wyndaele JJ. Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey? *Spinal Cord* 2006; .
- (6) Strauss DJ, DeVivo MJ, Paculdo DR, Shavelle RM. Trends in life expectancy after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87(8):1079-1085.
- (7) DeVivo MJ, Krause JS, Lammertse DP. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80(11):1411-1419.
- (8) Sipski ML, Richards JS. Spinal Cord Injury Rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 2006; 85(4):310-342.
- (9) Maynard FM, Jr., Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF, Jr., Donovan WH, Ducker TB et al. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. *Spinal Cord* 1997; 35(5):266-274.
- (10) Somers MF. Spinal Cord Injuries. In: Prentice Hall, editor. *Spinal Cord Injury. Functional Rehabilitation*. 2 ed. New Jarsey: 2001. 29-37.
- (11) Winslow C, Bode RK, Felton D, Chen D, Meyer PR, Jr. Impact of respiratory complications on length of stay and hospital costs in acute cervical spine injury. *Chest* 2002; 121(5):1548-1554.
- (12) DeVivo MJ, Black KJ, Stover SL. Causes of death during the first 12 years after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74(3):248-254.

- (13) Winslow C, Rozovsky J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. *Am J Phys Med Rehabil* 2003; 82(10):803-814.
- (14) Schilero GJ, Spungen AM, Bauman WA, Radulovic M, Lesser M. Pulmonary function and spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol* 2009; 166(3):129-141.
- (15) Polatty RC, McElaney MA, Marcelino V. Pulmonary complications in the spinal cord injury patient. *Phys Med Rehab* 1987; 1(3):353-373.
- (16) McMichean JC, Michel L, Westbrook PR. Pulmonary dysfunction following traumatic quadriplegia. Recognition, prevention, and treatment. *JAMA* 1980; 243(6):528-531.
- (17) Bergofsky EH. Mechanism for respiratory insufficiency after cervical cord injury. *Ann Intern Med* 1964; 61:435-447.
- (18) De Troyer A, Estenne M, Heilporn A. Mechanism of active expiration in tetraplegic subjects. *N Engl J Med* 1986; 314(12):740-744.
- (19) Cameron GS, Scott JW, Jousse AT, Botterell EH. Diaphragmatic respiration in the quadriplegic patients and the effect of position on his vital capacity. *Ann Surg* 1955; 141:450-456.
- (20) Fujiwara T, Hara Y, Chino N. Expiratory function in complete tetraplegics: study of spirometry, maximal expiratory pressure, and muscle activity of pectoralis major and latissimus dorsi muscles. *Am J Phys Med Rehabil* 1999; 78(5):464-469.
- (21) Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pedersen OF, Brusasco V, Burgos F et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J* 2005; 26(3):511-522.
- (22) ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166(4):518-624.
- (23) Laghi F, Tobin MJ. Disorders of the respiratory muscles. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168(1):10-48.
- (24) Paschoal IA, Villalba WO, Pereira MC. Chronic respiratory failure in patients with neuromuscular diseases: diagnosis and treatment. *J Bras Pneumol* 2007; 33(1):81-92.
- (25) Ledsome JR, Sharp JM. Pulmonary function in acute cervical cord injury. *Am Rev Respir Dis* 1981; 124(1):41-44.

- (26) Tow AM, Graves DE, Carter RE. Vital capacity in tetraplegics twenty years and beyond. *Spinal Cord* 2001; 39(3):139-144.
- (27) Forner JV. Lung volumes and mechanics of breathing in tetraplegics. *Paraplegia* 1980; 18(4):258-266.
- (28) Anke A, Aksnes AK, Stanghelle JK, Hjeltnes N. Lung volumes in tetraplegic patients according to cervical spinal cord injury level. *Scand J Rehabil Med* 1993; 25(2):73-77.
- (29) De Troyer A. Respiration mechanics in tetraplegia. *Bull Mem Acad R Med Belg* 1997; 152(1):91-97.
- (30) Furlan JC, Fehlings MG. Cardiovascular complications after acute spinal cord injury: pathophysiology, diagnosis, and management. *Neurosurg Focus* 2008; 25(5):E13.
- (31) Schilero GJ, Grimm D, Spungen AM, Lenner R, Lesser M. Bronchodilator responses to metaproterenol sulfate among subjects with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev* 2004; 41(1):59-64.
- (32) Loughheed MD, Flannery J, Webb KA, O'Donnell DE. Respiratory Sensation and Ventilatory Mechanics during Induced Bronchoconstriction in Spontaneously Breathing Low Cervical Quadriplegia. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166(3):370-376.
- (33) Mansel JK, Norman JR. Respiratory complications and management of spinal cord injuries. *Chest* 1990; 97(6):1446-1452.
- (34) Gounden P. Static respiratory pressures in patients with post-traumatic tetraplegia. *Spinal Cord* 1997; 35(1):43-47.
- (35) Mateus SR, Beraldo PS, Horan TA. Maximal static mouth respiratory pressure in spinal cord injured patients: correlation with motor level. *Spinal Cord* 2007; 45(8):569-575.
- (36) Chaudri MB, Liu C, Watson L, Jefferson D, Kinnear WJ. Sniff nasal inspiratory pressure as a marker of respiratory function in motor neuron disease. *Eur Respir J* 2000; 15(3):539-542.
- (37) Lyall RA, Donaldson N, Polkey MI, Leigh PN, Moxham J. Respiratory muscle strength and ventilatory failure in amyotrophic lateral sclerosis. *Brain* 2001; 124(Pt 10):2000-2013.
- (38) Fitting JW, Paillex R, Hirt L, Aebischer P, Schluep M. Sniff nasal pressure: a sensitive respiratory test to assess progression of amyotrophic lateral sclerosis. *Ann Neurol* 1999; 46(6):887-893.

- (39) Morgan RK, McNally S, Alexander M, Conroy R, Hardiman O, Costello RW. Use of Sniff nasal-inspiratory force to predict survival in amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171(3):269-274.
- (40) Stefanutti D, Benoist MR, Scheinmann P, Chaussain M, Fitting JW. Usefulness of sniff nasal pressure in patients with neuromuscular or skeletal disorders. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162(4 Pt 1):1507-1511.
- (41) Alexander C. Diaphragm movements and the diagnosis of diaphragmatic paralysis. *Clin Radiol* 1966; 17(1):79-83.
- (42) Laroche CM, Mier AK, Moxham J, Green M. The value of sniff esophageal pressures in the assessment of global inspiratory muscle strength. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138(3):598-603.
- (43) Heritier F, Rahm F, Pasche P, Fitting JW. Sniff nasal inspiratory pressure. A noninvasive assessment of inspiratory muscle strength. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150(6 Pt 1):1678-1683.
- (44) Uldry C, Fitting JW. Maximal values of sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects. *Thorax* 1995; 50(4):371-375.
- (45) Kyroussis D, Johnson LC, Hamnegard CH, Polkey MI, Moxham J. Inspiratory muscle maximum relaxation rate measured from submaximal sniff nasal pressure in patients with severe COPD. *Thorax* 2002; 57(3):254-257.
- (46) Lofaso F, Nicot F, Lejaille M, Falaize L, Louis A, Clement A et al. Sniff nasal inspiratory pressure: what is the optimal number of sniffs? *Eur Respir J* 2006; 27(5):980-982.
- (47) Fitting JW. Some methodological considerations pertaining to sniff nasal inspiratory pressure (SNIP). *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 172(7):932-933.
- (48) Rocha AP, Mateus SR, Horan TA, Beraldo PS. Noninvasive determination of inspiratory pressure in patients with spinal cord injury: what is the best method? *J Bras Pneumol* 2009; 35(3):256-260.
- (49) Bosch PR, Wells CL. Effect of immersion on residual volume of able-bodied and spinal cord injured males. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(3):384-388.
- (50) Jaeger-Denavit O, Leroy M, Liot F. Changes in the spirometry of paraplegics related to different postures in the air and water. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1982; 18(5):693-704.
- (51) Agostoni E, Gurtner G, Torri G, Rahn H. Respiratory mechanics during submersion and negative-pressure breathing. *J Appl Physiol* 1966; 21(1):251-258.

- (52) Balldin UI, Dahlback GO, Lundgren CE. Changes in vital capacity produced by oxygen breathing during immersion with the head above water. *Aerosp Med* 1971; 42(4):384-387.
- (53) Bondi KR, Young JM, Bennett RM, Bradley ME. Closing volumes in man immersed to the neck in water. *J Appl Physiol* 1976; 40(5):736-740.
- (54) Buono MJ. Effect of central vascular engorgement and immersion on various lung volumes. *J Appl Physiol* 1983; 54(4):1094-1096.
- (55) Burki NK. Effects of immersion in water and changes in intrathoracic blood volume on lung function in man. *Clin Sci Mol Med* 1976; 51(3):303-311.
- (56) Choukroun ML, Kays C, Varena P. Effects of water temperature on pulmonary volumes in immersed human subjects. *Respir Physiol* 1989; 75(3):255-265.
- (57) Craig AB, Jr., Dvorak M. Expiratory reserve volume and vital capacity of the lungs during immersion in water. *J Appl Physiol* 1975; 38(1):5-9.
- (58) Dahlback GO, Lundgren CE. Pulmonary air-trapping induced by water immersion. *Aerosp Med* 1972; 43(7):768-774.
- (59) Dahlback GO. Influence of intrathoracic blood pooling on pulmonary air-trapping during immersion. *Undersea Biomed Res* 1975; 2(2):133-140.
- (60) Derion T, Guy HJ. Effects of age on closing volume during head-out water immersion. *Respir Physiol* 1994; 95(3):273-280.
- (61) Greene R, Hughes JM, Sudlow MF, Milic-Emili J. Regional lung volumes during water immersion to the xiphoid in seated man. *J Appl Physiol* 1974; 36(6):734-736.
- (62) Hamilton WF, Mayo JP. Changes in the vital capacity when the body is immersed in water. *American Journal of Physiology* 1944; 141:51-53.
- (63) Hong SK, Cerretelli P, Cruz JC, Rahn H. Mechanics of respiration during submersion in water. *J Appl Physiol* 1969; 27(4):535-538.
- (64) Ostrove SM, Vaccaro P. Effect of immersion on RV in young women: implications for measurement of body density. *Int J Sports Med* 1982; 3(4):220-223.
- (65) Prefaut C, Dubois F, Roussos C, Amaral-Marques R, Macklem PT, Ruff F. Influence of immersion to the neck in water on airway closure and distribution of perfusion in man. *Respir Physiol* 1979; 37(3):313-323.

- (66) Risch WD, Koubenec HJ, Beckmann U, Lange S, Gauer OH. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflugers Arch* 1978; 374(2):115-118.
- (67) Robertson CH, Jr., Engle CM, Bradley ME. Lung volumes in man immersed to the neck: dilution and plethysmographic techniques. *J Appl Physiol* 1978; 44(5):679-682.
- (68) Withers RT, Hamdorf PA. Effect of immersion on lung capacities and volumes: implications for the densitometric estimation of relative body fat. *J Sports Sci* 1989; 7(1):21-30.
- (69) Dahlback GO, Jonsson E, Liner MH. Influence of hydrostatic compression of the chest and intrathoracic blood pooling on static lung mechanics during head-out immersion. *Undersea Biomed Res* 1978; 5(1):71-85.
- (70) Derion T, Guy HJ, Tsukimoto K, Schaffartzik W, Prediletto R, Poole DC et al. Ventilation-perfusion relationships in the lung during head-out water immersion. *J Appl Physiol* 1992; 72(1):64-72.
- (71) Girandola RN, Wiswell RA, Mohler JG, Romero GT, Barnes WS. Effects of water immersion on lung volumes: implications for body composition analysis. *J Appl Physiol* 1977; 43(2):276-279.
- (72) Arborelius M, Jr., Balldin UI, Lila B, Lundgren CE. Regional lung function in man during immersion with the head above water. *Aerosp Med* 1972; 43(7):701-707.
- (73) Begin R, Epstein M, Sackner MA, Levinson R, Dougherty R, Duncan D. Effects of water immersion to the neck on pulmonary circulation and tissue volume in man. *J Appl Physiol* 1976; 40(3):293-299.
- (74) Prefaut C, Lupi-h E, Anthonisen NR. Human lung mechanics during water immersion. *J Appl Physiol* 1976; 40(3):320-323.
- (75) Craig AB, Jr., Ware DE. Effect of immersion in water on vital capacity and residual volume of the lungs. *J Appl Physiol* 1967; 23(4):423-425.
- (76) Gibbons ES, Jessup GT, Bunting CJ. Effect of immersion on residual volume measurements in females. *J Sports Med Phys Fitness* 1985; 25(4):185-187.
- (77) Chen CF, Lien IN, Wu MC. Respiratory function in patients with spinal cord injuries: effects of posture. *Paraplegia* 1990; 28(2):81-86.
- (78) Andrada L, De Vito EL. Functional respiratory evaluation in patients with high traumatic spinal injury. *Medicina (B Aires)* 2001; 61(5 Pt 1):529-534.

- (79) Boaventura CM, Silveira JM, Santos PR, Gastaldi AC. Força da musculatura respiratória de pacientes tetraplégicos sentados e em supino. *Rev fisioter Univ São Paulo* 2004; 11(2):70-76.
- (80) Baydur A, Adkins RH, Milic-Emili J. Lung mechanics in individuals with spinal cord injury: effects of injury level and posture. *J Appl Physiol* 2001; 90(2):405-411.
- (81) Ali J, Qi W. Pulmonary function and posture in traumatic quadriplegia. *J Trauma* 1995; 39(2):334-337.
- (82) Estenne M, De Troyer A. Mechanism of the postural dependence of vital capacity in tetraplegic subjects. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135(2):367-371.
- (83) Goldman JM, Rose LS, Williams SJ, Silver JR, Denison DM. Effect of abdominal binders on breathing in tetraplegic patients. *Thorax* 1986; 41(12):940-945.
- (84) McCool FD, Pichurko BM, Slutsky AS, Sarkarati M, Rossier A, Brown R. Changes in lung volume and rib cage configuration with abdominal binding in quadriplegia. *J Appl Physiol* 1986; 60(4):1198-1202.
- (85) Kerk JK, Clifford PS, Snyder AC, Prieto TE, O'Hagan KP, Schot PK et al. Effect of an abdominal binder during wheelchair exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27(6):913-919.
- (86) Lin KH, Lai YL, Wu HD, Wang TQ, Wang YH. Effects of an abdominal binder and electrical stimulation on cough in patients with spinal cord injury. *J Formos Med Assoc* 1998; 97(4):292-295.
- (87) Estenne M, Van Muylem A, Gorini M, Kinnear W, Heilporn A, De Troyer A. Effects of abdominal strapping on forced expiration in tetraplegic patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157(1):95-98.
- (88) Watson PJ, Hixon TJ. Effects of abdominal trussing on breathing and speech in men with cervical spinal cord injury. *J Speech Lang Hear Res* 2001; 44(4):751-762.
- (89) Maloney FP. Pulmonary function in quadriplegia: effects of a corset. *Arch Phys Med Rehabil* 1979; 60(6):261-265.
- (90) Bodin P, Fagevik OM, Bake B, Kreuter M. Effects of abdominal binding on breathing patterns during breathing exercises in persons with tetraplegia. *Spinal Cord* 2005; 43(2):117-122.

- (91) Hart N, Laffont I, de la Sota AP, Lejaille M, Macadou G, Polkey MI et al. Respiratory effects of combined truncal and abdominal support in patients with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86(7):1447-1451.
- (92) Boaventura CM, et al. Effect of an abdominal binder on the efficacy of respiratory muscles in seated and supine tetraplegic patients. *Physiotherapy* 2003; 89(5):290-295.
- (93) Wadsworth BM, Haines TP, Cornwell PL, Paratz JD. Abdominal binder use in people with spinal cord injuries: a systematic review and meta-analysis. *Spinal Cord* 2009; 47(4):274-285.
- (94) White DP, Douglas NJ, Pickett CK, Weil JV, Zwillich CW. Sexual influence on the control of breathing. *J Appl Physiol* 1983; 54(4):874-879.
- (95) Campos da Paz A. J, Beraldo PSS, Almeida MCRR, Neves EGC, Alves F, Khan P. Traumatic injury to the spinal cord. Prevalence in Brazilian hospitals. *Paraplegia* 1992; 30:636-640.
- (96) Conselho Nacional de Saúde. Resolução N^o 196/96 sobre pesquisa envolvendo seres humanos. *Informe Epidemiol SUS* 1996; 5(2-Supl 3):13-41.
- (97) Sagawa S, Shiraki K, Yousef MK, Konda N. Water temperature and intensity of exercise in maintenance of thermal equilibrium. *J Appl Physiol* 1988; 65(6):2413-2419.
- (98) Arborelius M, Jr., Ballidin UI, Lilja B, Lundgren CE. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerosp Med* 1972; 43(6):592-598.
- (99) American Thoracic Society. Standardization of spirometry. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:1107-1136.
- (100) Ashba J, Garshick E, Tun CG, Lieberman SL, Polakoff DF, Blanchard JD et al. Spirometry--acceptability and reproducibility in spinal cord injured subjects. *J Am Paraplegia Soc* 1993; 16(4):197-203.
- (101) Kelley A, Garshick E, Gross ER, Lieberman SL, Tun CG, Brown R. Spirometry testing standards in spinal cord injury. *Chest* 2003; 123(3):725-730.
- (102) Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol* 2007; 33(4):397-406.
- (103) Crapo RO, Morris AH, Clayton PD, Nixon CR. Lung volumes in healthy nonsmoking adults. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1982; 18(3):419-425.

- (104) Pereira CAC. Espirometria. *J Pneumol* 2002; 28(Supl 3):S1-S82.
- (105) Haynes B. Can it work? Does it work? Is it worth it? The testing of healthcare interventions is evolving. *BMJ* 1999; 319(7211):652-653.
- (106) Zejdlik CP. Regulating cardiovascular function and body temperature. In: Jones and Bartlett Publishers I, editor. *Management of spinal cord injury*. 2 ed. Boston: 2001. 305-328.
- (107) Blackmer J. Rehabilitation medicine: 1. Autonomic dysreflexia. *CMAJ* 2003; 169(9):931-935.
- (108) Mateus SR, Beraldo PS, Horan TA. Cholinergic bronchomotor tone and airway caliber in tetraplegic patients. *Spinal Cord* 2006; 44(5):269-274.
- (109) Mathias CJ, Frankel HL. Clinical manifestations of malfunctioning sympathetic mechanisms in tetraplegia. *J Auton Nerv Syst* 1983; 7:303-312.
- (110) Minh VD, Dolan GF, Linaweaver PG, Friedman PJ, Konopka RG, Brach BB. Diaphragmatic function during immersion. *J Appl Physiol* 1977; 43(2):297-301.
- (111) Corbett JL, Frankel HL, Harris PJ. Cardiovascular responses to tilting in tetraplegic man. *J Physiol* 1971; 215(2):411-431.
- (112) Figoni SF. Cardiovascular and haemodynamic responses to tilting and to standing in tetraplegic patients: a review. *Paraplegia* 1984; 22(2):99-109.
- (113) Shiraishi M, Schou M, Gybel M, Christensen NJ, Norsk P. Comparison of acute cardiovascular responses to water immersion and head-down tilt in humans. *J Appl Physiol* 2002; 92(1):264-268.
- (114) Shulzhenko EB, Panfilov VE, Gogolev KI, Aleksandrova EA. Comparison of physiological effects of head-down tilting and immersion on the human body. *Aviat Space Environ Med* 1979; 50(10):1020-1022.
- (115) Mahoney M, Graw-Non K, McNamara N. Aquatic interventions for patients with spinal cord injuries. *Aquatic Phys Ther Report* 1993; 1:10-20.
- (116) Morris RD. Aquatic rehabilitation for the treatment of neurological disorders. *J Back Musculoskel Rehabil* 1994; 4(4):297-308.
- (117) Becker BE, Cole AJ. *Terapia Aquatica Moderna*. São Paulo: Manole; 2000.
- (118) Hoffman MD. Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Med* 1986; 3(5):312-330.

- (119) Tajima F, Sagawa S, Iwamoto J, Miki K, Freund BJ, Claybaugh JR et al. Cardiovascular, renal, and endocrine responses in male quadriplegics during head-out water immersion. *Am J Physiol* 1990; 258(6 Pt 2):R1424-R1430.
- (120) Urmey W, Loring S, Mead J, Slutsky AS, Sarkarati M, Rossier A et al. Upper and lower rib cage deformation during breathing in quadriplegics. *J Appl Physiol* 1986; 60(2):618-622.
- (121) Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, Garshick E. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respir Care* 2006; 51(8):853-868.
- (122) Prigent H, Roche N, Laffont I, Lejaille M, Falaize L, Barbot F et al. Relation between corset use and lung function postural variation in spinal cord injury. *Eur Respir J* 2009.
- (123) Koulouris N, Mulvey DA, Laroche CM, Goldstone J, Moxham J, Green M. The effect of posture and abdominal binding on respiratory pressures. *Eur Respir J* 1989; 2(10):961-965.
- (124) Souza RB. Pressões respiratória estáticas máximas. *J Pneumol* 2002; 28(3):S155-S165.
- (125) Harris RS. Pressure-volume curves of the respiratory system. *Respir Care* 2005; 50(1):78-98.
- (126) Cheng TO. Platypnea-orthodeoxia syndrome: etiology, differential diagnosis, and management. *Catheter Cardiovasc Interv* 1999; 47(1):64-66.
- (127) Toft MH, Bulow J, Simonsen L. Haemodynamic and respiratory effects of an abdominal compression binder. *Clin Physiol Funct Imaging* 2008; 28(6):398-402.
- (128) Huang CT, Kuhlemeier KV, Ratanaubol U, McEachran AB, DeVivo MJ, Fine PR. Cardiopulmonary response in spinal cord injury patients: effect of pneumatic compressive devices. *Arch Phys Med Rehabil* 1983; 64(3):101-106.
- (129) Anstey KH, Roskell C. Hydrotherapy: Detrimental or beneficial to the respiratory system? *Physiotherapy* 86[1], 5-12. 2000. Ref Type: Generic
- (130) Hinghofer-Szalkay H, Harrison MH, Greenleaf JE. Early fluid and protein shifts in men during water immersion. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987; 56(6):673-678.
- (131) Arthur W, Kaye GC. Current investigations used to assess syncope. *Postgrad Med J* 2001; 77(903):20-23.

- (132) Bridges N, Jarquin-Valdivia AA. Use of the Trendelenburg position as the resuscitation position: to T or not to T? *Am J Crit Care* 2005; 14(5):364-368.
- (133) Hardy F, Walker J, Sawyer T. Sonographic measurement of diaphragm movement in patients with tetraplegia. *Spinal Cord* 2009.
- (134) Boon AJ, Alsharif KI, Harper CM, Smith J. Ultrasound-guided needle EMG of the diaphragm: technique description and case report. *Muscle Nerve* 2008; 38(6):1623-1626.
- (135) Teasell RW, Hsieh JT, Aubut JA, Eng JJ, Krassioukov A, Tu L. Venous thromboembolism after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90(2):232-245.

Anexos

Anexo A

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu, _____, concordo em participar como voluntário no projeto de pesquisa realizado sob a responsabilidade do fisioterapeuta Josevan Cerqueira Leal e do médico Dr. Paulo S.S. Beraldo, no Hospital SARAH/Brasília.

O projeto objetiva avaliar a função pulmonar, através de um aparelho denominado espirômetro, em duas situações diferentes. A primeira, dentro de uma piscina com temperatura entre 33°C e 34°C. A segunda, no laboratório de Função Pulmonar, utilizando cinta abdominal e prancha ortostática, que oscila elevando a cabeça para cima (+20°) e, em seguida, para baixo (-20°).

Estou ciente de que este procedimento não causará danos a minha saúde. Estou também ciente que os resultados desta pesquisa não influenciarão no meu tratamento e que poderei me retirar do estudo a qualquer momento que desejar.

Ao participar como voluntário deste projeto, estou consciente que não terei direito a nenhum benefício adicional por parte dos pesquisadores envolvidos e desta Instituição.

Brasília, ____ de ____ de 200_

Voluntário ou responsável

Testemunha

Anexo B

Síntese dos principais resultados encontrados nos artigos que investigaram os efeitos pulmonares da imersão em indivíduos hígidos.

	Casuística			Condições de imersão				Resultados %								
	Homens	Mulheres	Idade (anos)	Posição	Nível	Temp (°C)	Tempo (horas)	CV	VRE	VR	CRF	VC	CI	CPT	CVF	VRI
Hamilton, 1944	20	0	NR	Ortostatismo	AX	NR	NR	<7								
Agostoni, 1966	8	0	30	Sentado	FE	NR	NR	<9	<70	<17	<46					
Craig, 1967	21	0	55	Sentado	FE	35	NR	NS		NS						
Hong, 1969	4	0	52	Sentado	AX	30	NR	<8	<71			NS				
Baldin, 1971	12	1	20 a 37	Sentado	FE	35	NR	<8								
Arborelius, 1972	6	1	25	Sentado	FE	35	0,5				<26			NS		
Dahlback, 1972	20	0	20 a 26	Ortostatismo	FE	NR	NR	<8	<74							
Greene, 1974	4	0	33	Sentado	AX	30	NR	<10								
Dahlbäck, 1975	6	0	28	Ortostatismo	FE	35	NR	<4	<68	NS						
Craig, 1975	11	0	NR	Sentado	FE	34	NR	<9								
Begin, 1976	5	0	23 a 31	Sentado	FE	34	0,5				<37					
Burki, 1976	9	0	27	Sentado	FE	34	NR	<10		NS					<8	
Bondi, 1976	10	0	33	Sentado	FE	34	0,2	<10	<71	<9	<43				<10	
Pre faut, 1976	5	0	30 a 40	Ortostatismo	FE	NR	0,1				<27					
Girandola, 1977	20	0	23	Ortostatismo	FE	33	NR		<61	>7	<25		>10	<6	<9	
Risch, 1978	8	0	23	Ortostatismo	AX	35	NR	<8								
Robertson, 1978	9	0	32	Sentado	FE	NR	NR	<5*	<69*	<12*	<45*	>11*		<5*		>43*
								<5**	<69**	NS**	<39**	>19**		<5**		>30**
Dahlbäck, 1978	5	0	32	Ortostatismo	FE	35	NR	<5	<75							
Pre faut, 1979	5	2	18 a 34	Ortostatismo	FE	35	NR	<7	<60							
Ostrove, 1982	0	27	21		FE		NR	<12	<70	<17	<47					
Buono, 1983	12	0	26	Sentado	FE	36	0,1	<6		NS					<5	
Gibbons, 1985	0	16	18 a 29	Sentado	FE	NR	0,3			<6						
Withers, 1989	18	0	28	Sentado	FE	34	NR	<6	<62	<20	<43	NS	>20	<8		
Choukroun, 1989	10	0	26	Ortostatismo	FE	34	NR	<6	<63	NS	<37	NS	>42			
Derion, 1992	6	0	24	Sentado	FE	35	0,4		<65			NS				
Derion, 1994	8	0	24	Sentado	FE	35	0,5	<8	<64							

AX = Apêndice xifóide; FE = Fúrcula esternal; NS=Não significante; NR=Não relatado. * Diluição ** Pletismografia.

0,1h = 5 min; 0,2h = 10 min; 0,3h = 15 min; 0,4h = 20 min; 0,5h = 30 min

CV = capacidade vital; VRE = volume de reserva expiratório; VR = volume residual; CRF = capacidade residual funcional; VC = volume corrente; CI = capacidade inspiratória; CPT = capacidade pulmonar total; CVF = capacidade vital forçada; VRI = volume de res

Anexo C

Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares no grupo tetraplégico (comparadas com a posição deitada 0° [1-2 e 1-3] e com posição inclinada +20° [2-3]) nos três momentos estudados do protocolo de inclinação.

#	Capacidade Vital						Volume Residual						Volume de Reserva Expiratório					
	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3
1	2,35	-16,60	1,96	0,43	2,36	20,41	1,73	29,48	2,24	-8,09	1,59	-29,02	0,16	75,00	0,28	43,75	0,23	-17,86
2	2,93	-21,50	2,30	10,58	3,24	40,87	1,78	38,20	2,46	-4,49	1,70	-30,89	0,25	20,00	0,30	-24,00	0,19	-36,67
3	2,87	-2,44	2,80	3,14	2,96	5,71	1,85	16,22	2,15	-2,70	1,80	-16,28	0,15	46,67	0,22	233,33	0,50	127,27
4	2,49	-17,27	2,06	-12,05	2,19	6,31	1,98	17,68	2,33	-10,61	1,77	-24,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00
5	2,51	-8,37	2,30	-7,17	2,33	1,30	2,09	1,91	2,13	5,26	2,20	3,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00
6	3,55	-12,68	3,10	-2,25	3,47	11,94	2,62	17,94	3,09	5,34	2,76	-10,68	0,34	-14,71	0,29	70,59	0,58	100,00
7	3,84	6,51	4,09	-1,30	3,79	-7,33	1,10	21,82	1,34	-28,18	0,79	-41,04	0,62	1,61	0,63	-6,45	0,58	-7,94
8	2,58	-12,02	2,27	4,26	2,69	18,50	1,93	4,66	2,02	-12,44	1,69	-16,34	0,00	0,00	0,13	0,00	0,16	23,08
9	2,38	-15,55	2,01	0,42	2,39	18,91	1,42	8,45	1,54	-26,06	1,05	-31,82	0,29	-34,48	0,19	62,07	0,47	147,37
10	2,16	-17,13	1,79	-12,04	1,90	6,15	1,66	18,07	1,96	-8,43	1,52	-22,45	0,09	111,11	0,19	-	-	-
11	2,43	-1,65	2,39	-0,82	2,41	0,84	1,55	12,90	1,75	0,00	1,55	-11,43	0,39	-48,72	0,20	41,03	0,55	175,00
12	3,65	-0,55	3,63	2,47	3,74	3,03	2,07	14,98	2,38	-9,18	1,88	-21,01	0,94	-4,26	0,90	4,26	0,98	8,89
13	3,86	-13,99	3,32	-0,26	3,85	15,96	-	-	-	-	-	-	0,22	-	-	-	-	-
14	2,85	-7,02	2,65	0,00	2,85	7,55	1,06	28,30	1,36	-8,49	0,97	-28,68	0,31	-29,03	0,22	-54,84	0,14	-36,36
média	2,89	-10,02	2,62	-1,04	2,87	10,72	1,76	17,74	2,06	-8,31	1,64	-21,57	0,27	9,48	0,27	30,81	0,41	40,23
dp	0,59	8,03	0,69	6,08	0,65	11,79	0,42	10,11	0,49	10,08	0,52	11,47	0,26	44,74	0,24	73,32	0,25	75,55
p		0,001		0,640		0,007		<0,001		0,021		<0,001		0,464		0,038		0,027

#	Capacidade Residual Funcional						Capacidade Inspiratória						Capacidade Pulmonar Total					
	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3
1	1,89	33,33	2,52	-3,70	1,82	-27,78	2,20	-21,36	1,73	-1,36	2,17	25,43	4,10	3,66	4,25	-2,68	3,99	-6,12
2	2,02	36,63	2,76	-9,90	1,82	-34,06	2,68	-25,37	2,00	16,79	3,13	56,50	4,71	1,06	4,76	4,88	4,94	3,78
3	2,00	18,50	2,37	14,50	2,29	-3,38	3,18	-7,86	2,93	-22,64	2,46	-16,04	5,18	2,32	5,30	-8,11	4,76	-10,19
4	2,01	15,92	2,33	6,47	2,14	-8,15	2,46	-16,26	2,06	-13,82	2,12	2,91	4,47	-1,57	4,40	-4,92	4,25	-3,41
5	2,10	1,43	2,13	15,24	2,42	13,62	2,55	-9,80	2,30	-1,57	2,51	9,13	4,64	-4,74	4,42	6,25	4,93	11,54
6	2,96	13,85	3,37	13,18	3,35	-0,59	3,21	-12,46	2,81	-9,97	2,89	2,85	6,18	0,00	6,18	0,81	6,23	0,81
7	1,71	14,62	1,96	-19,88	1,37	-30,10	3,23	10,53	3,57	-0,93	3,20	-10,36	4,94	11,94	5,53	-7,49	4,57	-17,36
8	1,96	10,20	2,16	-6,12	1,84	-14,81	2,56	-12,50	2,24	-0,78	2,54	13,39	4,51	-2,44	4,40	-2,66	4,39	-0,23
9	1,71	1,75	1,74	-11,70	1,51	-13,22	2,13	-4,23	2,04	-3,76	2,05	0,49	3,85	-2,08	3,77	-7,53	3,56	-5,57
10	1,75	8,57	1,90	-11,43	1,55	-18,42	2,13	-12,68	1,86	-12,21	1,87	0,54	3,87	-2,84	3,76	-11,63	3,42	-9,04
11	1,94	0,52	1,95	8,25	2,10	7,69	2,22	10,81	2,46	7,21	2,38	-3,25	4,16	5,77	4,40	7,69	4,48	1,82
12	3,01	9,30	3,29	-4,98	2,86	-13,07	2,91	-4,12	2,79	-0,34	2,90	3,94	5,93	2,36	6,07	-2,87	5,76	-5,11
13	1,84	-10,87	1,64	-13,59	1,59	-3,05	3,71	-9,43	3,36	6,20	3,94	17,26	5,55	-9,91	5,00	-0,36	5,53	10,60
14	1,37	15,33	1,58	-18,98	1,11	-29,75	2,85	-6,67	2,66	-1,75	2,80	5,26	4,22	0,24	4,23	-7,35	3,91	-7,57
média	2,02	12,08	2,26	-3,05	1,98	-12,51	2,72	-8,67	2,49	-2,78	2,64	7,72	4,74	0,27	4,75	-2,57	4,62	-2,57
dp	0,45	12,51	0,56	12,33	0,60	14,60	0,49	10,14	0,56	9,76	0,55	17,54	0,74	5,13	0,77	5,85	0,81	7,95
p		0,003		0,592		0,008		0,007		0,330		0,168		0,870		0,123		0,257

Anexo D

Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares no grupo controle (comparadas com a posição deitada 0° [1-2 e 1-3] e com posição inclinada +20° [2-3]) nos três momentos estudados do protocolo de inclinação.

#	Capacidade Vital						Volume Residual						Volume de Reserva Expiratório					
	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3
1	5,46	2,20	5,58	-1,65	5,37	-3,76	2,22	-14,41	1,90	-18,47	1,81	-4,74	0,89	37,08	1,22	7,87	0,96	-21,31
2	4,70	0,64	4,73	-1,28	4,64	-1,90	1,04	44,23	1,50	25,96	1,31	-12,67	0,96	4,17	1,00	-7,29	0,89	-11,00
3	4,89	1,64	4,97	-3,07	4,74	-4,63	2,03	11,82	2,27	6,40	2,16	-4,85	1,05	4,76	1,10	-19,05	0,85	-22,73
4	4,97	0,20	4,98	-5,84	4,68	-6,02	1,08	-5,56	1,02	-0,93	1,07	4,90	0,65	30,77	0,85	-6,15	0,61	-28,24
5	5,51	0,18	5,52	-2,00	5,40	-2,17	1,09	7,34	1,17	9,17	1,19	1,71	0,87	43,68	1,25	4,60	0,91	-27,20
6	6,24	6,25	6,63	-2,24	6,10	-7,99	1,79	-7,26	1,66	-22,91	1,38	-16,87	1,46	23,29	1,80	32,19	1,93	7,22
7	4,41	-5,22	4,18	5,67	4,66	11,48	1,18	-4,24	1,13	-26,27	0,87	-23,01	1,10	39,09	1,53	-7,27	1,02	-33,33
8	5,72	-3,32	5,53	-4,72	5,45	-1,45	1,27	4,72	1,33	5,51	1,34	0,75	0,90	4,44	0,94	-10,00	0,81	-13,83
9	5,32	-1,32	5,25	-5,26	5,04	-4,00	1,47	3,40	1,52	9,52	1,61	5,92	1,15	13,91	1,31	-14,78	0,98	-25,19
10	4,33	9,70	4,75	0,23	4,34	-8,63	1,47	11,56	1,64	-1,36	1,45	-11,59	0,97	-4,12	0,93	-14,43	0,83	-10,75
11	4,50	-2,89	4,37	-8,22	4,13	-5,49	1,06	1,89	1,08	3,77	1,10	1,85	0,52	53,85	0,80	-11,54	0,46	-42,50
12	4,76	-1,26	4,70	-4,20	4,56	-2,98	0,92	25,00	1,15	35,87	1,25	8,70	0,95	-23,16	0,73	-48,42	0,49	-32,88
média	5,07	0,57	5,10	-2,71	4,93	-3,13	1,39	6,54	1,45	2,19	1,38	-4,16	0,96	18,98	1,12	-7,86	0,90	-21,81
dp	0,59	4,13	0,66	3,51	0,56	5,14	0,42	15,79	0,38	18,40	0,35	9,95	0,24	22,73	0,32	18,80	0,37	13,18
p		0,599		0,020		0,032		0,303		0,927		0,105		0,020		0,348		<0,001

#	Capacidade Residual Funcional						Capacidade Inspiratória						Capacidade Pulmonar Total					
	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3	Deitado 0°	D%1-2	Deitado +20°	D%1-3	Deitado - 20°	D%2-3
1	3,10	0,32	3,11	-10,65	2,77	-10,93	4,57	-4,16	4,38	-1,75	4,49	2,51	7,68	-2,34	7,50	-5,47	7,26	-3,20
2	2,00	25,00	2,50	10,00	2,20	-12,00	3,81	-0,26	3,80	-1,57	3,75	-1,32	5,81	8,26	6,29	2,41	5,95	-5,41
3	3,08	9,42	3,37	-2,27	3,01	-10,68	3,84	0,78	3,87	2,60	3,94	1,81	6,93	4,47	7,24	0,29	6,95	-4,01
4	1,74	7,47	1,87	-2,87	1,69	-9,63	4,32	-4,17	4,14	-3,94	4,15	0,24	6,06	-0,99	6,00	-3,63	5,84	-2,67
5	1,96	23,47	2,42	7,14	2,10	-13,22	4,64	-7,97	4,27	-3,23	4,49	5,15	6,60	1,36	6,69	-0,15	6,59	-1,49
6	3,25	6,46	3,46	2,15	3,32	-4,05	4,82	0,21	4,83	-13,07	4,19	-13,25	8,07	2,73	8,29	-6,94	7,51	-9,41
7	2,28	16,23	2,65	-17,11	1,89	-28,68	3,32	-20,18	2,65	9,64	3,64	37,36	5,59	-5,01	5,31	-1,07	5,53	4,14
8	2,17	4,61	2,27	-0,92	2,15	-5,29	4,82	-4,77	4,59	-3,73	4,64	1,09	6,98	-1,58	6,87	-2,72	6,79	-1,16
9	2,62	8,02	2,83	-1,15	2,59	-8,48	4,24	-7,08	3,94	-3,07	4,11	4,31	6,86	-1,31	6,77	-2,48	6,69	-1,18
10	2,44	5,33	2,57	-6,56	2,28	-11,28	3,63	5,23	3,82	-1,10	3,59	-6,02	6,07	5,27	6,39	-3,29	5,87	-8,14
11	1,58	18,99	1,88	-1,27	1,56	-17,02	4,09	-10,76	3,65	-10,27	3,67	0,55	5,67	-2,47	5,53	-7,76	5,23	-5,42
12	1,86	1,08	1,88	-6,45	1,74	-7,45	3,82	3,93	3,97	8,12	4,13	4,03	5,68	2,99	5,85	3,17	5,86	0,17
média	2,34	10,53	2,57	-2,50	2,28	-11,56	4,16	-4,10	3,99	-1,78	4,07	3,04	6,50	0,95	6,56	-2,30	6,34	-3,15
dp	0,56	8,37	0,55	7,32	0,55	6,42	0,49	6,98	0,55	6,47	0,36	11,95	0,82	3,88	0,85	3,43	0,72	3,69
p		<0,001		0,216		<0,001		0,044		0,248		0,506		0,395		0,034		0,020

Anexo E

Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares do grupo tetraplégico no protocolo de mudança postural.

#	Capacidade Vital			Capacidade Inspiratória			Volume de Reserva Expiratório			Volume residual			Capacidade Residual Funcional			Capacidade Pulmonar Total		
	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%
1	2,11	2,35	10,21	1,85	2,20	15,91	0,18	0,16	-12,50	2,32	1,73	-34,10	2,50	1,89	-24,40	4,43	4,10	-8,05
2	2,33	2,93	20,48	1,94	2,68	27,61	0,28	0,25	-12,00	3,12	1,78	-75,28	3,40	2,02	-40,59	5,45	4,71	-15,71
3	2,54	2,87	11,50	2,08	3,18	34,59	0,33	0,15	-120,00	2,32	1,85	-25,41	2,65	2,00	-24,53	4,96	5,18	4,25
4	2,38	2,49	4,42	2,24	2,46	8,94	0,00	0,00	0,00	2,57	1,98	-29,80	2,57	2,01	-21,79	4,81	4,47	-7,61
5	1,76	2,51	29,88	1,76	2,55	30,98	0,00	0,00	0,00	2,55	2,09	-22,01	2,55	2,10	-17,65	4,31	4,64	7,11
6	3,54	3,55	0,28	3,59	3,21	-11,84	0,35	0,34	-2,94	3,41	2,62	-30,15	3,77	2,96	-21,49	7,03	6,18	-13,75
7	4,06	3,84	-5,73	2,90	3,23	10,22	1,16	0,62	-87,10	1,12	1,10	-1,82	2,28	1,71	-25,00	5,19	4,94	-5,06
8	1,70	2,58	34,11	1,79	2,56	30,08	-	-	-	2,58	1,93	-33,68	2,49	1,96	-21,29	4,28	4,51	5,10
9	2,10	2,38	11,76	1,71	2,13	19,72	0,39	0,29	-34,48	1,67	1,42	-17,61	2,06	1,71	-16,99	3,77	3,85	2,08
10	1,81	2,16	16,20	1,84	2,13	13,62	0,07	0,09	22,22	2,22	1,66	-33,73	2,29	1,75	-23,58	4,13	3,87	-6,72
11	2,07	2,43	14,81	1,88	2,22	15,32	0,42	0,39	-7,69	2,27	1,55	-46,45	2,69	1,94	-27,88	4,57	4,16	-9,86
12	3,65	3,65	0,00	3,02	2,91	-3,78	0,83	0,94	11,70	2,72	2,07	-31,40	3,55	3,01	-15,21	6,57	5,93	-10,79
13	4,06	3,86	-5,18	3,14	3,71	15,36	0,65	0,22	-195,45	1,73	1,62	-6,79	2,38	1,84	-22,69	5,79	5,55	-4,32
14	2,54	2,85	10,88	2,20	2,85	22,81	0,40	0,31	-29,03	2,09	1,06	-97,17	2,50	1,37	-45,20	4,70	4,22	-11,37
média	2,62	2,89	10,97	2,28	2,72	16,40	0,39	0,29	-35,94	2,34	1,75	-34,67	2,69	2,02	-24,88	5,00	4,74	-5,34
dp	0,85	0,59	11,91	0,62	0,49	13,06	0,33	0,26	62,20	0,58	0,41	25,03	0,51	0,45	8,40	0,93	0,74	7,29
p			0,008			0,001			0,075			<0,001			<0,001			0,019

Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares do grupo controle no protocolo de mudança postural.

#	Capacidade Vital			Capacidade Inspiratória			Volume de Reserva Expiratório			Volume residual			Capacidade Residual Funcional			Capacidade Pulmonar Total		
	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%	Sentado	Deitado	Δ%
1	5,70	5,46	-4,40	3,55	4,57	22,32	1,72	0,89	-93,26	1,84	2,22	17,12	3,56	3,10	-12,92	7,54	7,68	1,82
2	4,53	4,70	3,62	3,22	3,81	15,49	1,43	0,96	-48,96	1,16	1,04	-11,54	2,59	2,00	-22,78	5,70	5,81	1,89
3	5,30	4,89	-8,38	2,76	3,84	28,13	1,74	1,05	-65,71	2,45	2,03	-20,69	4,19	3,08	-26,49	7,94	6,93	-14,57
4	4,81	4,97	3,22	3,71	4,32	14,12	1,24	0,65	0,00	1,20	1,08	-11,11	2,43	1,74	-28,40	6,15	6,06	-1,49
5	5,51	5,51	0,00	3,59	4,64	22,63	1,92	0,87	0,00	1,28	1,09	-17,43	3,20	1,96	-38,75	6,79	6,60	-2,88
6	6,63	6,24	-6,25	4,40	4,82	8,71	2,22	1,46	-52,05	1,64	1,79	8,38	3,86	3,25	-15,80	8,26	8,07	-2,35
7	4,66	4,41	-5,67	3,02	3,32	9,04	1,64	1,10	-49,09	1,35	1,18	-14,41	3,00	2,28	-24,00	6,01	5,59	-7,51
8	5,72	5,72	0,00	4,08	4,82	15,35	1,64	0,90	-82,22	1,11	1,27	12,60	2,75	2,17	-21,09	6,83	6,98	2,15
9	5,32	5,32	0,00	3,53	4,24	16,75	1,86	1,15	-61,74	1,70	1,47	-15,65	3,56	2,62	-26,40	7,08	6,86	-3,21
10	4,75	4,33	-9,70	2,98	3,63	17,91	1,77	0,97	-82,47	1,51	1,47	-2,72	3,28	2,44	-25,61	6,26	6,07	-3,13
11	4,50	4,50	0,00	3,40	4,09	16,87	1,21	0,52	-132,69	1,37	1,06	-29,25	2,58	1,58	-38,76	5,98	5,67	-5,47
12	4,56	4,76	4,20	3,41	3,82	10,73	1,22	0,95	-28,42	1,07	0,92	-16,30	2,28	1,86	-18,42	5,69	5,68	-0,18
média	5,17	5,07	-1,95	3,47	4,16	16,50	1,63	0,96	-58,05	1,47	1,39	-8,42	3,11	2,34	-24,95	6,69	6,50	-2,91
dp	0,65	0,59	4,77	0,46	0,49	5,77	0,31	0,24	38,00	0,39	0,42	14,27	0,60	0,56	7,92	0,87	0,82	4,72
p			0,171			<0,001			<0,001			0,195			<0,001			0,066

Anexo F

Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares do grupo tetraplégico no protocolo da cinta abdominal.

#	Capacidade Vital			Capacidade inspiratória			Volume de reserva expiratório			Volume residual			Capacidade residual funcional			Capacidade pulmonar total		
	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%
	Cinta	Cinta		Cinta	Cinta		Cinta	Cinta		Cinta	Cinta		Cinta	Cinta		Cinta	Cinta	
1	2,11	2,37	10,97	1,85	2,07	10,63	0,18	0,30	40,00	2,32	1,74	-33,33	2,50	2,04	-22,55	4,43	4,11	-7,79
2	2,33	2,88	19,10	1,94	2,46	21,14	0,28	0,42	33,33	3,12	2,04	-52,94	3,40	2,46	-38,21	5,45	4,92	-10,77
3	2,54	3,11	18,33	2,08	2,69	22,68	0,33	0,47	29,79	2,32	1,74	-33,33	2,65	2,21	-19,91	4,96	4,89	-1,43
4	2,38	2,44	2,46	2,24	2,35	4,68	0,00	0,09	100,00	2,57	2,25	-14,22	2,57	2,34	-9,83	4,81	4,69	-2,56
5	1,76	1,86	5,38	1,76	1,86	5,38	0,00	0,00	0,00	2,55	2,44	-4,51	2,55	2,44	-4,51	4,31	4,30	-0,23
6	3,54	3,91	9,46	3,59	3,61	0,55	0,35	0,30	-16,67	3,41	2,85	-19,65	3,77	3,15	-19,68	7,03	6,76	-3,99
7	4,06	4,11	1,22	2,90	3,48	16,67	1,16	0,63	-84,13	1,12	1,07	-4,67	2,28	1,70	-34,12	5,19	5,18	-0,19
9	1,70	1,46	-16,44	1,79	1,83	2,19	-	0,12	0,00	2,58	1,95	-32,31	2,49	2,07	-20,29	4,28	3,89	-10,03
10	2,10	2,25	6,67	1,71	2,10	18,57	0,39	0,26	-50,00	1,67	1,46	-14,38	2,06	1,73	-19,08	3,77	3,83	1,57
11	1,81	1,69	-7,10	1,84	1,61	-14,29	0,07	0,17	58,82	2,22	1,79	-24,02	2,29	1,96	-16,84	4,13	3,56	-16,01
12	2,07	2,25	8,00	1,88	2,27	17,18	0,42	0,55	23,64	2,27	1,43	-58,74	2,69	1,99	-35,18	4,57	4,25	-7,53
13	3,65	4,15	12,05	3,02	2,79	-8,24	0,83	1,39	40,29	2,72	2,05	-32,68	3,55	3,44	-3,20	6,57	6,23	-5,46
14	4,06	3,92	-3,57	3,14	3,77	16,71	0,65	0,30	-116,67	1,73	1,48	-16,89	2,38	1,78	-33,71	5,79	5,55	-4,32
15	2,54	2,51	-1,20	2,20	2,47	10,93	0,40	0,36	-11,11	2,09	1,33	-57,14	2,50	1,69	-47,93	4,70	4,16	-12,98
média	2,62	2,78	4,67	2,28	2,53	8,91	0,39	0,38	3,38	2,34	1,83	-28,49	2,69	2,21	-23,22	5,00	4,74	-5,84
dp	0,85	0,92	9,73	0,62	0,68	11,12	0,33	0,34	57,29	0,58	0,48	17,95	0,51	0,53	13,09	0,93	0,93	5,24
p			0,037			0,008			0,852			<0,001			<0,001			<0,001

Mudanças percentuais dos volumes e capacidades pulmonares do grupo controle no protocolo da cinta abdominal.

#	Capacidade Vital			Capacidade inspiratória			Volume de reserva expiratório			Volume residual			Capacidade residual funcional			Capacidade pulmonar total		
	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%	Sentado Sem	Sentado Com	Δ%
	Cinta	Cinta		Cinta	Cinta		Cinta	Cinta		Cinta	Cinta		Cinta	Cinta		Cinta	Cinta	
1	5,70	5,60	-1,79	3,55	4,49	20,94	1,72	1,17	-47,01	1,84	1,89	2,65	3,56	3,06	-16,34	7,54	7,55	0,13
2	4,53	4,79	5,43	3,22	3,62	11,05	1,43	1,25	-14,40	1,16	1,20	3,33	2,59	2,44	-6,15	5,70	6,06	5,94
3	5,30	4,85	-9,28	2,76	3,69	25,20	1,74	1,45	-20,00	2,45	2,24	-9,38	4,19	3,68	-13,86	7,94	7,38	-7,59
4	4,81	4,75	-1,26	3,71	4,02	7,71	1,24	0,95	-30,53	1,20	1,17	-2,56	2,43	2,12	-14,62	6,15	6,13	-0,33
5	5,51	5,53	0,36	3,59	4,19	14,32	1,92	1,34	0,00	1,28	1,19	-7,56	3,20	2,54	-25,98	6,79	6,73	-0,89
6	6,63	6,02	-10,13	4,40	4,41	0,23	2,22	1,84	-20,65	1,64	1,86	11,83	3,86	3,70	-4,32	8,26	8,11	-1,85
7	4,66	4,25	-9,65	3,02	2,81	-7,47	1,64	1,43	-14,69	1,35	1,14	-18,42	3,00	2,57	-16,73	6,01	5,38	-11,71
8	5,72	5,53	-3,44	4,08	4,32	5,56	1,64	1,24	0,00	1,11	1,50	26,00	2,75	2,74	-0,36	6,83	7,06	3,26
9	5,32	5,28	-0,76	3,53	3,61	2,22	1,86	1,66	-12,05	1,70	1,78	4,49	3,56	3,44	-3,49	7,08	7,06	-0,28
10	4,75	4,62	-2,81	2,98	3,60	17,22	1,77	1,18	-50,00	1,51	1,46	-3,42	3,28	2,65	-23,77	6,26	6,25	-0,16
11	4,50	4,23	-6,38	3,40	3,55	4,23	1,21	0,87	-39,08	1,37	1,03	-33,01	2,58	1,90	-35,79	5,98	5,45	-9,72
12	4,56	4,51	-1,11	3,41	3,82	10,73	1,22	0,69	-76,81	1,07	1,30	17,69	2,28	1,99	-14,57	5,69	5,81	2,07
média	5,17	5,00	-3,40	3,47	3,84	9,33	1,63	1,26	-27,10	1,47	1,48	-0,70	3,11	2,74	-14,67	6,69	6,58	-1,76
dp	0,65	0,58	4,67	0,46	0,47	9,23	0,31	0,32	22,66	0,39	0,38	15,82	0,60	0,62	10,33	0,87	0,87	5,28
p			0,030			0,004			<0,001			<0,001			<0,001			0,271

Anexo G
Classificação da associação americana de lesão medular

Patient Name _____
Examiner Name _____ Date/Time of Exam _____

ASIA AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION **STANDARD NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY** **ISCO**

MOTOR
KEY MUSCLES (scoring on the vertebral level)

	R	L
C5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

UPPER LIMB TOTAL (MAXIMUM) + = (25) (25) (50)

Comments: _____

	R	L
L2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
S1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LOWER LIMB TOTAL (MAXIMUM) + = (25) (25) (50)

SENSORY
KEY SENSORY POINTS

0 = absent
1 = impaired
2 = normal
NT = not testable

	R	L	R	L
C2				
C3				
C4				
C5				
C6				
C7				
C8				
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				
T6				
T7				
T8				
T9				
T10				
T11				
T12				
L1				
L2				
L3				
L4				
L5				
S1				
S2				
S3				
S4-5				

TOTALS (MAXIMUM) + = (56) (56) (56) (56)

Any anal sensation (Yes/No)

Any anal sensation (Yes/No)

PIN PRICK SCORE (max: 112)

LIGHT TOUCH SCORE (max: 112)

NEUROLOGICAL LEVEL
The most caudal segment with normal function

	R	L
SENSORY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

COMPLETE OR INCOMPLETE?
Incomplete - Any sensory or motor function in S4-S5

COMPLETE

INCOMPLETE

ASIA IMPAIRMENT SCALE

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION
Caudal extent of partially-innervated segments

	R	L
SENSORY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Key Sensory Points

MUSCLE GRADING

- 0 total paralysis
- 1 palpable or visible contraction
- 2 active movement, full range of motion, gravity eliminated
- 3 active movement, full range of motion, against gravity
- 4 active movement, full range of motion, against gravity and provides some resistance
- 5 active movement, full range of motion, against gravity and provides normal resistance
- 5* muscle able to exert, in examiner's judgement, sufficient resistance to be considered normal if identifiable inhibiting factors were not present

NT not testable. Patient unable to reliably exert effort or muscle unavailable for testing due to factors such as immobilization, pain on effort or contracture.

ASIA IMPAIRMENT SCALE

- A = Complete:** No motor or sensory function is preserved in the sacral segments S4-S5.
- B = Incomplete:** Sensory but not motor function is preserved below the neurological level and includes the sacral segments S4-S5.
- C = Incomplete:** Motor function is preserved below the neurological level, and more than half of key muscles below the neurological level have a muscle grade less than 3.
- D = Incomplete:** Motor function is preserved below the neurological level, and at least half of key muscles below the neurological level have a muscle grade of 3 or more.
- E = Normal:** Motor and sensory function are normal.

CLINICAL SYNDROMES (OPTIONAL)

- Central Cord
- Brown-Sequard
- Anterior Cord
- Conus Medullaris
- Cauda Equina

STEPS IN CLASSIFICATION

The following order is recommended in determining the classification of individuals with SCI.

1. Determine sensory levels for right and left sides.
2. Determine motor levels for right and left sides.
Note: in regions where there is no myotome to test, the motor level is presumed to be the same as the sensory level.
3. Determine the single neurological level.
This is the lowest segment where motor and sensory function is normal on both sides, and is the most cephalad of the sensory and motor levels determined in steps 1 and 2.
4. Determine whether the injury is Complete or Incomplete (sacral sparing).
If voluntary anal contraction = No AND all S4-5 sensory scores = 0 AND any anal sensation = No, then injury is COMPLETE. Otherwise injury is incomplete.
5. Determine ASIA Impairment Scale (AIS) Grade:

<p>Is injury Complete?</p> <p>NO ↓</p> <p>Is injury motor incomplete?</p> <p>YES ↓</p>	<p>If YES, AIS=A Record ZPP (For ZPP record lowest dermatome or myotome on each side with some (no=zero score) preservation)</p> <p>If NO, AIS=B (Yes=voluntary anal contraction OR motor function more than three levels below the motor level on a given side.)</p>
--	---

Are at least half of the key muscles below the (single) neurological level graded 3 or better?

NO ↓	YES ↓
AIS=C	AIS=D

If sensation and motor function is normal in all segments, AIS=E
Note: AIS E is used in follow up testing when an individual with a documented SCI has recovered normal function. If at initial testing no deficits are found, the individual is neurologically intact; the ASIA Impairment Scale does not apply.

Anexo H
Redistribuição dos volumes e capacidades pulmonares

