

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

JULIANA VIANA PARIS

**ANÁLISE DA FUNÇÃO PULMONAR E
ANÁLISE CINEMÁTICA DA MOBILIDADE
TORACOABDOMINAL EM SUJEITOS
TETRAPLÉGICOS PRATICANTES DE
RÚGBI EM CADEIRA DE RODAS**

Campinas, 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

JULIANA VIANA PARIS

**ANÁLISE DA FUNÇÃO PULMONAR E
ANÁLISE CINEMÁTICA DA MOBILIDADE
TORACOABDOMINAL EM SUJEITOS
TETRAPLÉGICOS PRATICANTES DE
RÚGBI EM CADEIRA DE RODAS**

Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Educação Física, na área de Biodinâmica do Movimento Humano.

Orientador: Prof^o Dr. Ricardo Machado Leite de Barros

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA JULIANA VIANA PARIS, E ORIENTADA PELO PROF. DR. RICARDO MACHADO LEITE DE BARROS.



Prof^o Dr. Ricardo Machado Leite de Barros
Orientador

Campinas, 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
ANDRÉIA DA SILVA MANZATO – CRB8/7292
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA UNICAMP

P218a Paris, Juliana Viana, 1981-
Análise da função pulmonar e análise cinemática da mobilidade tóracoabdominal em sujeitos tetraplégicos praticantes de rúgbi em cadeira de rodas / Juliana Viana Paris. - Campinas, SP: [s.n], 2012.

Orientador: Ricardo Machado Leite de Barros.
Dissertação (mestrado) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas.

1. Respiração. 2. Esporte adaptado. 3. Quadriplegia. 4. Rugby em cadeira de rodas. I. Barros, Ricardo Machado Leite de. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital:

Título em inglês: Analysis of pulmonary function and chest wall kinematic analysis in wheelchair rugby players

Palavras-chaves em inglês:

Breathing

Adapted sports

Quadriplegia

Wheelchair rugby

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano

Titulação: Mestrado em Educação Física

Banca Examinadora:

Ricardo Machado Leite de Barros [orientador]

Karine Jacon Sarro

Luiz Eduardo Barreto Martins

Data da defesa: 10-02-2012

Programa de Pós-Graduação: Educação Física

COMISSÃO JULGADORA



Prof^o Dr. Ricardo Machado Leite de Barros
Orientador



Prof^a Dra. Karine Jacon Sarro
Titular



Prof^o Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins
Titular

Dedicatória

Dedico este trabalho à Vó Cidinha, Nonna Maria e às pessoas com deficiência pelos ensinamentos sobre a vida.

Agradecimentos

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Machado Leite de Barros, à quem eu tenho um grande respeito, pela oportunidade de conhecimento e aprendizagem nesse período de mestrado contribuindo para o meu crescimento profissional.

À Prof^ª. Dr. Karine Jacon Sarro por ser uma das precursoras deste trabalho, exemplo de competência e dedicação profissional. Obrigada por todos auxílios, incentivos e críticas, mesmo estando a alguns quilômetros de distância.

À Prof^ª. Dr. Marlene Aparecida Moreno ‘minha ajudante’, pela convivência, trabalho em conjunto, disponibilidade constante e pelas sugestões fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins pelas inúmeras conversas e contribuições importantes para o trabalho.

Aos atletas de rúgbi em cadeira de rodas da ADEACAMP pela disponibilidade e exemplo de superação de vida.

À meus pais Ricardo Paris, Maria Leonor Viana Paris e ao meu irmão Marcelo Viana Paris pelo apoio constante e incondicional sempre.

À minha família pelo estímulo, especialmente às minhas tias Ester Viana e Maura Viana.

Às amigas que foram construídas no LIB, pelos momentos de diversão, alguns de irritação, auxílios e aventuras nas coletas, conversas, desabafos... o meu obrigada à Aline, Ana Francisca, Angélica, Carol, Claudio, Feco, Fernanda, Janaína, Ju Carmona, Ju Exel, Ju Landolfi, Marcel, Márcio, e em especial, aos ‘libianos’:

Amanda, pela ajuda e presença nas coletas, procedimentos do laboratório, pela diversas conversas (em português e em italiano), conselhos e contribuições.

Ana Lorena, por ter me acolhido desde o início no LIB, aos ensinamentos, ajuda com rastreamento, câmeras, formatações... além da companhia no bandeirão.

Felipe, pela imensa disposição em auxiliar! Por me ‘socorrer’ com o MATLAB, com os textos, pelo incentivo e apoio sempre. Além dos ensinamentos futebolísticos como a taça Rio, taça Guanabara, o ‘12’...

Jerusa, pela amizade, por me encorajar durante mestrado, pelas diversas perguntas e pela paciência em assistir inúmeras vezes a minha apresentação.

À Ana Carolina Minganti e Rafael Ventura Machado pela amizade, paciência e de modo especial por confiarem no meu trabalho.

Aos amigos que estiverem presentes direta ou indiretamente, pela paciência, torcida e apoio durante a realização deste trabalho.

Paris, Juliana Viana. **Análise da função pulmonar e análise da mobilidade tóracoabdominal em sujeitos tetraplégicos praticantes de rúgbi em cadeira de rodas.** 2012- Dissertação de Mestrado - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

RESUMO

O trabalho teve como objetivo estudar o efeito de um ano de treinamento de rúgbi em cadeira de rodas sobre a função pulmonar e a mobilidade toracoabdominal de tetraplégicos através da espirometria e da análise cinemática, sendo dividido em três partes. Na primeira parte, sete tetraplégicos foram submetidos à espirometria antes e depois de treinamento de rúgbi em cadeira de rodas. Todos indivíduos apresentaram redução da função pulmonar em comparação com os valores previstos. Houve um aumento significativo na capacidade vital forçada ($p=0,01$), volume expiratório forçado do primeiro segundo ($p=0,02$) e ventilação voluntária máxima ($p=0,03$), após um ano de treinamento. A análise de regressão entre tempo de treinamento total e as variáveis espirométricas demonstraram que os jogadores com maior tempo de treinamento tiveram maiores valores de função pulmonar ($r^2=0,93$ e $0,58$, $p=0,0004$ e $0,004$). Na segunda parte, foi estudada a análise cinemática da mobilidade toracoabdominal de tetraplégicos praticantes de rúgbi em cadeira de rodas e as diferenças de mobilidade nos compartimentos toracoabdominais após um ano de treinamento de rúgbi em cadeira de rodas. Participaram dezoito voluntários, nove do grupo de lesados medulares (GL) e nove sem lesão medular fazendo parte do grupo controle (GC). Do GL, sete voluntários foram acompanhados durante um ano de treinamento. Através das curvas de volume em função do tempo, calculou-se o coeficiente de variação das curvas no tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS), abdome inferior (AI), representando a mobilidade do toracoabdominal, em volume corrente (VC) e em capacidade vital (CV). As comparações e interações entre os fatores: grupos e compartimentos toracoabdominal foram testadas utilizando ANOVA two way e para comparar as diferenças entre os coeficientes de variação GL antes e depois do treinamento foi aplicado um teste t pareado, considerado nível significância de $p<0.05$ para todos os testes. Em VC não houve diferença significativa quando o GC foi comparado ao GL. Em CV, os valores dos compartimentos TS, TI e AS do GC foram significativamente maiores que os valores dos mesmos compartimentos do GL. No GL, os valores do coeficiente de variação do compartimento do TS foram significativamente menores que os valores do AI; No GL antes e depois de treinamento, a mobilidade do TS foi significativamente maior na condição pós treinamento comparada a pré treinamento. Na terceira parte, comparou-se a espirometria com análise cinemática da respiração. Foram analisadas de maneira descritiva as variáveis: as curvas de volume em função do tempo, os valores médios e de desvio-padrão dos ciclos respiratório, os valores máximos dos ciclos respiratórios, diferença entre os valores máximos e a correlação de Pearson entre os valores das curvas medidos pelo dois métodos. Existiu alta correlação entre as medidas de volume feita pela espirometria e cinemática, contudo, os valores máximos de volume toracoabdominais calculados pela análise cinemática mostram uma tendência a serem inferiores aos valores de volumes obtidos pela espirometria. O treinamento de rúgbi em cadeira de rodas, pode melhorar a função pulmonar e mobilidade toracoabdominal de lesados medulares.

Palavras-Chaves: respiração, esporte adaptado, quadriplegia

Paris, Juliana Viana. **Analysis of pulmonary function and chest wall kinematic analysis in wheelchair rugby players.** 2012- Dissertação de Mestrado - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

ABSTRACT

This work aimed to study the effect of a year of training in wheelchair rugby on pulmonary function and thoracoabdominal mobility of tetraplegics by spirometry and kinematic analysis. This study was divided into three parts. In the first part, seven tetraplegics underwent spirometry before and after attending a year of wheelchair rugby training. All Subjects presented reduced lung function compared with the predicted values. There was a significant increase in forced vital capacity ($p=0,01$), first minute forced expiratory volume ($p=0,02$), and maximal voluntary ventilation ($p=0,03$). The regression analysis between total training time and spirometric variables showed that players with longer training had higher lung function values ($r^2=0,93$ e $0,58$, $p=0,0004$ e $0,004$). In the second part, we studied the kinematical analysis of thoracoabdominal mobility of wheelchair rugby practitioners and the differences in the mobility of thoracoabdominal compartments after a year of training. Nine tetraplegics participated in the training group (TG) and nine participants without spinal cord injury took part as the control group (CG). Seven volunteers of the TG were monitored for one year of training. From the volume curves as function of time we calculated the coefficient of variation of the curves in the superior thorax (ST), inferior thorax (IT), superior abdomen (SA) and inferior abdomen (IA), which represented the mobility of the thoracoabdominal compartment in the tidal volume (VT) and vital capacity (VC). Comparisons and interactions between the factors groups and thoracoabdominal compartments were tested using two-way ANOVA. To compare the differences between the coefficients of variation of TG before and after training, it was applied a paired t test, considering $p < 0.05$ for all tests. In the variable VT showed no significant difference when the CG was compared to TG. In VC, the values of the compartments ST, IT, SA to GC were significantly higher than the values of the same compartments in TG. In TG, the coefficient of variation of TS was significantly lower than the values of IA. On TG before and after training, the mobility of ST was significantly higher to the post training results compared to pre training. In the third part, we compared spirometry with kinematical analysis of the chest wall. We analyzed the descriptive variables: volume curves as a function of time, the mean and standard deviation of the respiratory cycles, the maximum values of the respiratory cycles, the difference between the maximum and Pearson correlation between the values of curves measured by the two methods. There was high correlation between the volume measurements obtained by spirometry and kinematics, however, the maximum thoracoabdominal volume calculated by kinematical analysis showed a tendency to be lower than the values of the volumes obtained by spirometry. The wheelchair rugby training can improve pulmonary function and thoracoabdominal mobility of people with spinal cord injury.

Keywords: breathing, adapted sports, quadriplegia

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Valores de volume em porcentagem do predito (à esquerda) e em valores obtidos (à direita) da variável espirométrica capacidade vital forçada (CVF), na primeira avaliação (em cinza) e segunda avaliação (em preto) do grupo de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas..... 26
- Figura 2** - Valores de volume em porcentagem do predito (à esquerda) e em valores obtidos (à direita) da variável espirométrica volume expiratório forçado do primeiro segundo (VEF1), na primeira avaliação (em cinza) e segunda avaliação (em preto) do grupo de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas..... 27
- Figura 3** - Valores de volume em porcentagem do predito (à esquerda) e em valores obtidos (à direita) da variável espirométrica ventilação voluntária máxima (VVM), na primeira avaliação (em cinza) e segunda avaliação (em preto) do grupo de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas..... 28
- Figura 4** - Regressão linear de sete sujeitos, relacionando capacidade vital forçada (CVF) e o tempo total de treinamento..... 29
- Figura 5** - Regressão linear de sete sujeitos, relacionando ventilação voluntária máxima (VVM) e o tempo total de treinamento..... 29
- Figura 6** - Modelo de marcação utilizado, composto por 30 marcadores esféricos retrorreflexivos, fixados em referências anatômicas e geométricas. Os pontos anatômicos e geométricos são utilizados para a definição dos vértices de cada compartimento, a saber: tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS) e abdome inferior (AI)..... 36
- Figura 7**- Imagem do posicionamento de um voluntário do grupo lesado medular, vista anterior à esquerda e vista posterior à direita..... 38
- Figura 8** - Ilustração das curvas de capacidade vital de um sujeito do grupo controle (à esquerda) e um sujeito do grupo de lesados medulares (à direita), mostrando a variação dos volumes parciais no tórax superior (TS) em azul, tórax inferior (TI) em vermelho, abdome superior (AS) em preto, abdome inferior (AI) em verde, durante quatro ciclos em função do tempo. 41
- Figura 9** - Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação total do tronco em volume corrente do grupo controle (GC), linha contínua, e do grupo de lesados medulares (GL), linha pontilhada..... 42

Figura 10 - Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação dos compartimento tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS) e abdome inferior (AI) em volume corrente.....	43
Figura 11 - Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação em corrente, do grupo controle (GC), linha contínua, e do grupo de lesados medulares (GL), linha pontilhada, nos quatro compartimentos do tronco tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS), abdome inferior (AI).....	44
Figura 12 - Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação total do tronco em capacidade vital, do grupo controle (GC), linha contínua, e do grupo de lesados medulares (GL), linha pontilhada.....	45
Figura 13 -Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação dos compartimentos tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS) e abdome inferior (AI) em capacidade vital.....	46
Figura 14 - Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação em capacidade vital do grupo controle (GC), linha contínua, e do grupo de lesados medulares (GL), linha pontilhada, nos quatro compartimentos do tronco: tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS), abdome inferior (AI).....	47
Figura 15 - Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação em capacidade vital nos quatro compartimentos do tronco tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS), abdome inferior (AI) do grupo controle (GC), A, e do grupo de lesados medulares (GL), B.....	48
Figura 16 - a) Curva da variação do volume do tronco em litros ao longo do tempo, medido pela cinemetria e em b) a curva derivada em função do tempo a partir dos valores da curva de a	58
Figura 17 - Curva da variação de volume em função do tempo considerando o tamanho do tronco, curva pontilhada, e curva de variação do volume em função do tempo sem a constante do tronco, curva derivada e após integrada, curva em linha contínua.....	58
Figura 18 - Curvas de volume em função do tempo em diferentes frequências, em azul ,medida pela cinemetria , e em preto medida pela espirômetria.....	59
Figura 19 - Curvas de volume em função do tempo medida pela cinemetria, em azul, e medida pela espirometria, em preto, com a mesma frequência de aquisição.....	60
Figura 20 - Ilustração do corte a cada intervalo de ponto mínimo da curva de volume em função do tempo, na curva de volume da cinemetria, em azul e da espirometria, em preto, totalizando quatro ciclos respiratórios.....	61

Figura 21- Curva de volume em função do tempo de um ciclo respiratório medido pela cinemetria, em azul, e medido pela espirometria, em preto..... **61**

Figura 22 – Curvas de volume em função do tempo em quatro ciclo respiratórios, medidas pela espirometria(em preto), e pela cinemetria (em azul), dos oito voluntários juntamente com o nível de lesão..... **76**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos voluntários na primeira avaliação (2009) e na segunda avaliação (2010) sobre idade, massa corporal, estatura, nível de lesão, tempo de lesão e treinamento valores apresentados em média e desvio -padrão.....	22
Tabela 2 - Valores médios e de desvio -padrão referentes as variáveis espirométricas CVF, VEF1, VEF1/CVF e VVM preditos, obtidos e em porcentagem do predito e valores de p da comparação entre valores preditos e obtidos na primeira avaliação do grupo de jogadores (n = 10).....	25
Tabela 3 - Características dos voluntários do grupo controle e grupo de lesados medulares sobre idade, massa corporal, altura, nível de lesão e tempo de lesão.....	41
Tabela 4 - Valores do coeficiente de correlação, médias e desvio padrão do TSxTI, TSxAS, TSxAI, TIxAS, TIxAI e ASxAI para o grupo de lesados medulares e grupo controle em volume corrente e capacidade vital.....	49
Tabela 5 - Valores médios e desvio- padrão do coeficiente de variação, em capacidade vital, nos quatro compartimentos do tronco (TS, TI, AS e AI) e valores de p de sete lesados medulares antes e depois do treinamento.....	50
Tabela 6 - Valores em litros das amplitudes máximas de quatro ciclos respiratórios medido pela espirometria e cinemetria, média e desvio - padrão dos 8 voluntários analisados.....	64
Tabela 7 - Valores da diferença em litros dos valores máximos da curva de volume em função do tempo da espirometria e da cinemetria em quatro ciclos respiratório, percentual médio da diferença dos valores máximos de volume dos quatro ciclos respiratórios, juntamente com valores de média e desvio-padrão dos oito voluntários.....	65
Tabela 8 - Valores de correlação entre as curvas de volume em função do tempo medidas pela espirometria e cinemetria em quatro ciclos respiratório de oito voluntários.....	65
Tabela 9 - Equações de regressão, coeficiente de explicação(r^2) e limites inferiores para as variáveis espirométricas de referência na população brasileira do sexo masculino.....	68

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FEF	Faculdade de Educação Física
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CV	Capacidade Vital
VEF1	Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VVM	Ventilação Voluntária Máxima
CVF	Capacidade vital forçada
BTPS	Body Temperature and Pressure Saturated
r	Coefficiente de correlação
GL	Grupo de Lesados medulares
GC	Grupo Controle
TS	Tórax Superior
TI	Tórax Inferior
AS	Abdome Superior
AI	Abdome Inferior

SUMÁRIO

Introdução	15
Capítulo 1- Efeitos do treinamento de rúgbi em cadeira de rodas na função pulmonar de tetraplégicos	19
1.1 Introdução	19
1.2 Métodos	21
1.2.1 Sujeitos	21
1.2.2 Treinamento de rúgbi em cadeira de rodas	22
1.2.3 Procedimento experimental	23
1.2.4 Variáveis	24
1.2.5 Análise estatística	24
1.3 Resultados	25
1.4 Discussão	30
1.5 Conclusão	32
Capítulo 2- Análise cinemática da mobilidade tóracoabdominal em tetraplégicos praticantes de rúgbi em cadeira de rodas durante a respiração	33
2.1 Introdução	33
2.2 Método	35
2.2.1 Sujeitos	35
2.2.2 Modelo de representação do tronco	35
2.2.3 Análise cinemática tridimensional	36
2.2.4 Procedimento Experimental	37
2.2.5 Variáveis Experimentais	38
2.2.6 Análise estatística	39
2.3 Resultados	40
2.4 Discussão	50
2.5 Conclusão	54
Capítulo 3- Comparação entre o método de análise cinemática da respiração e o método espirométrico	55
3.1 Introdução	55
3.2 Método	56
3.2.1 Sujeitos	56
3.2.2 Procedimento experimental	56
3.2.3 Tratamento dos dados	57
3.2.3.1 Transferência dos dados espirométricos	57
3.2.3.2 Eliminação do valor absoluto do tronco nos dados da cinemetria	57
3.2.3.3 Ajuste da frequência de aquisição dos dados	59
3.2.3.4 Comparação entre curvas da espirometria e cinemetria	60
3.2.4 Análise dos dados	62

3.3 Resultados.....	62
3.4 Discussão	66
3.5 Conclusão	67
Considerações Finais	68
Referências	70
Vanlandewijck, Y. Thompson, W. The Paralympic Athlete: Handbook of Sports Medicine and Science. John Wiley & Sons, chapter 2 -Biomechanics.2011	74
ANEXO I	75
ANEXO II.....	76
ANEXO III	77
ANEXO IV	86

Introdução

A lesão medular ocorre quando um evento traumático, como acidentes automobilísticos ou motociclísticos, mergulho, ferimentos por arma de fogo ou quedas, resulta em lesão das estruturas medulares, interrompendo a passagem de estímulos nervosos através da medula. A lesão pode ser completa ou incompleta. Quando completa, não existe movimento voluntário e sensibilidade abaixo do nível da lesão. A lesão também pode ser incompleta, quando há algum movimento voluntário ou sensação abaixo do nível da lesão. A medula pode também ser lesada por doenças, como por exemplo, hemorragias, tumores e infecções por vírus (Hopman et al., 1997; Linn et al., 2001). A lesão medular tem grande incidência mundialmente, sendo que no Brasil, segundo dados de 2000 referente ao censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE, 1.416.060 pessoas possuem algum tipo de deficiência dessa categoria.

Por causa da interrupção na passagem nervosa, ocorrerão complicações secundárias como úlcera de pressão, deformidades, alterações de pele, alterações gastrointestinais e respiratórias. A disfunção respiratória é uma frequente complicação dos indivíduos com lesão medular, e muitas são as consequências advindas das mudanças ocorridas na mecânica respiratória, como a superficialidade da respiração, ineficiência da tosse e do espirro, alterações da movimentação ciliar e aumento da complacência abdominal. Tais fatores promovem alterações nos volumes, capacidades e pressões respiratórias. Dentre as alterações respiratórias, podemos ressaltar a diminuição da capacidade residual funcional, assimetria torácica, diminuição da resistência muscular, pneumonias e atelectasias (Mueller, Perret e Spengler, 2006).

Em virtude de lesados medulares necessitarem utilizar cadeira de rodas e dependerem do trabalho dos membros superiores para se movimentar e realizar as atividades diárias, há uma tendência a que adquiram um estilo de vida sedentário, o que contribui ainda mais para a redução da função pulmonar (Muraki et al., 2000; Stewart et al., 2000; Janssen et al., 2002). Portanto, exercícios físicos regulares que estimulem a manutenção e/ou aumento da função pulmonar são importantes para esses indivíduos.

O rúgbi em cadeira de rodas é uma modalidade esportiva paraolímpica mista para atletas com deficiência em pelo menos três membros. Os jogadores, em sua maioria, são pessoas que sofreram alguma lesão medular de nível cervical, mas também podem ser encontrados indivíduos

com amputações múltiplas, distúrbios neurológicos como distrofias musculares, paralisia cerebral e outras condições médicas. Para participar do esporte os jogadores são classificados por examinadores treinados com pontuação de 0,5 (indivíduos mais comprometidos) a 3,5 (indivíduos menos comprometidos). A soma da pontuação dos quatro atletas simultaneamente em quadra de cada equipe não pode exceder 8 pontos. A partida é dividida em quatro tempos de oito minutos. Contudo, o cronômetro é pausado quando ocorre alguma falta ou quando um gol é marcado, portanto o jogo pode durar mais de uma hora. A modalidade foi criada no Canadá no final da década de 70, como opção desportiva para pessoas com alto grau de deficiência, que por conta disso não tinham oportunidade em outros jogos como, por exemplo, em jogos de basquete em cadeira de rodas. Estreou como desporto de demonstração nos Jogos de Atlanta 1996, e tornou-se modalidade para-olímpica nas Paraolimpíadas de Sydney de 2000 .

É de longa data o interesse em analisar as mudanças ocorridas na respiração de pessoas com lesão medular. Estudos mensurando a função pulmonar (Dallmeijer e Van Der Woude, 2001; Schilero et al., 2009), identificando os músculos responsáveis pela respiração após perda de inervação (De Troyer, Estenne e Heilporn, 1986; De Troyer, 1997), quantificando a mobilidade de tronco (Urmeijer et al., 1986) e a complacência pulmonar (Goldman et al., 1986; Brown et al., 2006), foram realizados buscando compreender os mecanismos respiratórios, melhorando o acompanhamento e tratamento desses indivíduos. Contudo, informações sobre as alterações no padrão de movimentação respiratória ainda não foram totalmente identificadas e são assunto de interesse (Bodin et al., 2003). Estudos associando os movimentos tóracoabdominais e o esporte adaptado em indivíduos com lesão medular são escassos e poderão trazer dados importantes sobre os ajustes e adaptações frente ao exercício físico, identificando o padrão de movimento do tronco em praticantes de esporte adaptado e verificando mudanças nesse padrão de movimentos do tronco.

Nos estudos encontrados na literatura para análise de respiração foram utilizadas diversas metodologias como RX, tomografias, ressonância magnética, espirometria, análise cinemática, pletismografia por indutância, magnetômetros (Konno e Mead, 1967; Grimby, Bunn e Mead, 1968; Ward, Ward e Macklem, 1992; Lanini et al., 2003). Dentre elas destacamos a espirometria e a análise cinemática tridimensional da respiração.

A espirometria é um teste que permite medir o volume e o fluxo de ar que entram e saem dos pulmões. Pode ser realizada durante a respiração lenta ou durante manobras expiratórias

forçadas, permitindo medir o volume de ar inspirado e expirado e os fluxos respiratórios, comparando os resultados obtidos com os preditos para pessoas saudáveis com a mesma idade e características antropométricas (Pereira, 2002).

A análise cinemática da respiração permite verificar quantitativamente a movimentação tóracoabdominal tridimensionalmente e a variação de volumes em diferentes compartimentos (Ferrigno et al., 1994; Aliverti et al., 1997). Esta metodologia vem sendo empregada por pesquisadores do Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Faculdade de Educação Física/ UNICAMP, e este grupo propôs metodologias para análise cinemática da mobilidade tóracoabdominal durante a respiração e análises de volumes parciais do tronco de indivíduos saudáveis, ressaltando a importância da aplicação destas metodologias em sujeitos portadores de doenças respiratórias e/ou doenças neuromusculares que afetam diretamente o sistema respiratório e populações com desordens posturais onde existe alteração na geometria do tórax (Loula, 2005; Sarro, 2007).

A proposta do presente estudo foi avaliar o efeito de um ano de treinamento regular de rúgbi em cadeira de rodas sobre a função pulmonar e a mobilidade torácica de tetraplégicos, utilizando a espirometria e a análise cinemática tridimensional da respiração.

Os procedimentos experimentais para a realização da espirometria e da análise cinemática respiratória foram realizados no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Faculdade de Educação Física da Unicamp.

O texto foi estruturado em três capítulos, cada um contendo sua própria introdução, metodologia, resultados, discussão e conclusão. Além desta introdução, um capítulo de considerações finais foi adicionado, no qual são estabelecidas as relações entre os três capítulos principais, são discutidas as perspectivas do trabalho e apresentadas as conclusões gerais do estudo. O primeiro capítulo estuda a avaliação da função pulmonar de indivíduos tetraplégicos praticantes de rúgbi em cadeira de rodas por intermédio da espirometria.

O segundo capítulo analisa a mobilidade relativa dos compartimentos do tronco durante a respiração em volume corrente e em capacidade vital do grupo de lesados medulares praticantes de rúgbi em cadeira de rodas, comparados a um grupo de voluntários sem lesão medular utilizando a análise cinemática tridimensional da respiração, e também avalia se um ano de treinamento de rúgbi em cadeira de rodas altera a mobilidade dos compartimentos do tronco de tetraplégicos.

O terceiro capítulo compara os valores de volume em função do tempo dos tetraplégicos medido pelo método da espirometria, com os valores de volume medidos pela análise cinemática da respiração, com a finalidade de verificar as similaridades e diferenças entre as duas metodologias.

Capítulo 1- Efeitos do treinamento de rúgbi em cadeira de rodas na função pulmonar de tetraplégicos

1.1 Introdução

Indivíduos com lesão medular apresentam alterações da função pulmonar devido ao comprometimento motor, sensorial e autonômico abaixo do nível da lesão. Estas alterações são caracterizadas por paralisia e/ou fraqueza dos músculos respiratórios, bem como função pulmonar anormal (Hopman et al., 1997; Linn et al., 2001), que frequentemente levam a pneumonias, atelectasias e infecções respiratórias (Carter, 1987; Aito, 2003).

A alta frequência de complicações respiratórias, especialmente nas lesões cervicais, contribui para o aumento da taxa de morbidade e mortalidade de tetraplégicos (Devivo et al., 1989) e mesmo após a lesão tornar-se crônica, os eventos respiratórios continuam entre as principais causas de morte desta população (De Vivo, Stuart Krause e Lammertse, 1999) .

Alterações nos volumes e capacidade pulmonares são frequentemente causadas pelo déficit muscular (Roth et al., 1997), sendo o grau de comprometimento muscular dependente do nível da lesão (Winslow e Rozovsky, 2003). A falta de coordenação na ativação dos músculos respiratórios, a redução da capacidade vital e da capacidade pulmonar total caracterizam uma síndrome restritiva não parenquimatosa (De Troyer, 1997).

A redução da ventilação e a ineficaz troca gasosa como consequência da paralisia da musculatura respiratória comprometem a realização das atividades da vida diária (Hopman et al., 1997) e também restringem a capacidade de realizar exercícios (Scelza et al., 2005). Diante disso, o treinamento muscular respiratório há bastante tempo vem sendo indicado para lesados medulares (Gross et al., 1980; Derrickson J, 1992; Uijl, 1999; Liaw et al., 2000) uma vez que os músculos respiratórios podem exercer função não ventilatória durante o exercício (Celli, Criner e Rassulo, 1988) melhorando assim, tanto o desempenho muscular respiratório, como a capacidade de realização de atividades diárias e exercícios.

Em uma revisão sistemática da literatura, Van Houtte et al. (2006) concluíram que após o treinamento muscular respiratório existe uma tendência de melhora da força muscular expiratória,

capacidade vital e volume residual. No entanto, apesar dos resultados positivos apresentados ao término dos protocolos experimentais, a maioria dos sujeitos não dão continuidade ao treinamento (Brown et al., 2006), perdendo assim os benefícios alcançados. Neste sentido, novas alternativas de tratamento devem ser propostas a fim de manter a boa condição de saúde de tetraplégicos, estando entre elas a prática de exercícios físicos. Dentre essas propostas é referido que a recreação física e a prática de esportes ajudam a prevenir a doença, promover a saúde, além de manter a independência funcional de pessoas com ou sem deficiências (Hansen, 1998).

Tendo em vista as alterações respiratórias decorrentes da lesão medular e seu agravamento devido à vida sedentária, a participação em atividades físicas e desportivas tem sido incentivada como um meio de promoção da saúde dessa população (Scelza et al., 2005). Atividades esportivas adaptadas como o rúgbi em cadeira de rodas tornaram possível a participação efetiva de tetraplégicos nos esportes, o que é parte fundamental dos programas de reabilitação para essa população (Abel et al., 2008).

A fim de manter um estilo de vida saudável é recomendado que dependentes de cadeira de rodas pratiquem no mínimo 20 minutos de atividade física por dia e, segundo Spornier et al. (2009), este tempo é atingido pela maior parte dos jogadores durante uma partida de rúgbi. Para esta prática esportiva, tetraplégicos precisam utilizar musculaturas íntegras para conseguirem levar a bola além da linha de gol da equipe adversária (Duffield, 2008), envolvendo assim, movimentos dos braços e ombros durante a partida.

O rúgbi em cadeira de rodas é um esporte que utiliza-se de capacidade aeróbia e anaeróbia dentro da mesma partida (Vanlandewijck; Thompson, 2011), criado para indivíduos com deficiência em pelo menos três membros. Os jogos são divididos em quatro quartos de 8 minutos, incluindo o momento em que o relógio está parado, portanto o jogo pode durar mais de uma hora. Sarro et al (2008) analisaram o jogo final de uma competição internacional e verificaram que as distâncias totais percorridas pelos jogadores de rúgbi de cadeira de rodas variaram de 3.501,3 a 5.657,3 m. Estes valores mostram que o jogo é uma atividade física intensa, envolvendo momentos freqüentes de aceleração e desaceleração.

Sendo assim, a participação de tetraplégicos nesta modalidade esportiva pode favorecer adaptações orgânicas benéficas e ajudar para que os mesmos alcancem os níveis recomendados para a prevenção e controle de doenças.

Estudos com atletas em cadeira de rodas (Goosey-Tolfrey, 2006; Abel et al., 2008) sugerem que o exercício físico traz benefícios tais como aumento da força muscular, melhora do desempenho de ergometria de braço e melhora da qualidade de vida (Hicks et al., 2003). Existem poucos estudos sobre a relação entre a participação no rúgbi em cadeira de rodas e a função pulmonar de tetraplégicos, e nenhum estudo pré-pos foi encontrado na literatura relatando os efeitos do rúgbi em cadeira em rodas sobre a função pulmonar.

A hipótese deste estudo é que a participação em um programa de um ano de treinamento da modalidade rúgbi em cadeira de rodas pode promover adaptações benéficas sobre a função pulmonar de indivíduos com lesão medular. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar se um ano de programa de treinamento em rúgbi de cadeira de rodas melhora a função pulmonar de pacientes tetraplégicos.

1.2 Métodos

1.2.1 Sujeitos

Dez voluntários do gênero masculino com tetraplegia participaram deste estudo, os quais deveriam atender aos seguintes critérios de inclusão: nível de lesão entre C4 e C8, tempo de lesão superior a 12 meses, condição clínica estável, praticar o rúgbi em cadeira de rodas no mínimo duas vezes por semana e/ou quatro horas semanais, com tempo de treinamento superior a seis meses, não serem fumantes, não apresentarem complicações respiratórias agudas ou histórico de doenças cardiorrespiratórias. Os critérios de exclusão foram: desenvolvimento de doenças respiratórias e não regularidade nos treinos. Quatro sujeitos do grupo realizavam fisioterapia tradicional duas vezes por semana e os demais praticaram somente a modalidade esportiva durante o período experimental. Os voluntários foram avaliados em dois momentos: a primeira avaliação foi realizada no início do protocolo experimental, logo após o II Campeonato Brasileiro de Rúgbi em Cadeira de Rodas, em junho de 2009 e a segunda avaliação depois de um ano, após o III Campeonato Brasileiro de Rúgbi em Cadeira de Rodas, em junho de 2010. Durante este período, três atletas foram excluídos da amostra. Dois por não apresentarem regularidade nos treinos e um por apresentar doença no trato respiratório no período da reavaliação. Assim, a reavaliação foi realizada com sete voluntários. As características de idade, massa corporal, estatura, nível de lesão e tempo dos voluntários nas duas avaliações estão apresentadas na Tabela

1. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética da instituição sob protocolo nº 029/2010:0028.0.146.000-10, todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO I).

Tabela 1: Características dos voluntários na primeira avaliação (2009) e na segunda avaliação (2010) sobre idade, massa corporal, estatura, nível de lesão, tempo de lesão e treinamento, valores apresentados em média e desvio-padrão.

	2009 (n=10)	2010 (n=7)
Idade (anos)	25.8±5.7	28.4±5.8
Massa corporal (kg)	66±9.5	63±4.8
Estatura (cm)	177±9.9	117±11.7
Nível da lesão	C5-C7	C5-C7
Tempo de lesão (meses)	82.8±42	107±53
Treinamento (meses)	12.4±4	23.2±4

1.2.2 Treinamento de rúgbi em cadeira de rodas

O programa de treinamento de um ano foi constituído de três a quatro treinos por semana com duração de duas horas cada.

A periodização do treinamento teve como base o cronograma de competições, e seguiu o modelo tradicional de ciclo anual, dividido em período preparatório, período de competição, e período de transição. No período preparatório, as atividades físicas foram mais generalizadas, sendo realizados os trabalhos preliminares, envolvendo exercícios diversificados de alto volume para o desenvolvimento físico geral e de habilidades técnicas. No período de competição, foram realizados os trabalhos específicos, focando atividades mais intensas, composto por exercícios especializados com reduzido volume, incluindo a participação em competições. E o período de transição foi reservado para a recuperação e reabilitação dos atletas. O programa de treinamento e

as competições foram supervisionados por profissionais qualificados e devidamente treinados para eventuais intercorrências.

Nos dois períodos em que os jogadores de rúgbi em cadeira de rodas foram avaliados, estavam saindo do período de competição e entrando no período de transição, sendo as duas avaliações realizadas na semana após o Campeonato Brasileiro de Rúgbi em Cadeira de Rodas.

1.2.3 Procedimento experimental

Os testes espirométricos foram realizados em dois momentos: no início do protocolo experimental e depois de um ano, para verificar os efeitos do treinamento físico sobre a função pulmonar.

As provas de função pulmonar foram realizadas de acordo com as orientações da *American Thoracic Society* – ATS para técnica, aceitabilidade e reprodutibilidade, com o uso de um espirômetro (Easy one™, nnd Medizintechnik AG, Zurich, Switzerland). O sistema foi calibrado antes de cada teste, de acordo com as instruções do fabricante. As variáveis espirométricas foram gravadas e expressas em condições BTPS (*Body temperature and pressure saturated*).

Para a realização das medidas, o voluntário repousou por 10 minutos antes do teste e todos os procedimentos foram descritos cuidadosamente a ele. O exame foi realizado com o voluntário sentado, sem qualquer tipo de contensão abdominal. Um clipe nasal foi usado para evitar vazamento de ar pelas narinas e a boca foi acoplada devidamente ao bocal do espirômetro, evitando-se vazamento de ar. O espirômetro foi posicionado à frente do sujeito, fixo em um suporte.

Foram realizadas as manobras de capacidade vital forçada (CVF) e ventilação voluntária máxima (VVM). Para a realização da CVF, os voluntários foram orientados para que fizessem uma inspiração máxima e, a seguir, exalassessem todo o volume de ar com esforço máximo. A expiração foi interrompida ao final de 6 segundos. A partir da manobra CVF foi calculado o volume expiratório forçado do primeiro segundo (VEF₁) que representa o máximo de expiração exalada no primeiro segundo e também calculada a razão entre VEF₁ e CVF. Os participantes receberam estímulo verbal para expirar forçadamente até o final da manobra. E para a realização da VVM foi solicitado que os voluntários respirassem profundamente (considerando um volume maior que na respiração em volume corrente e um volume menor que em capacidade vital) e o

mais rápido por um período de 12 segundos. A VVM mede a quantidade máxima de ar deslocado em um período de 1 minuto, registrados em l/min. Neste estudo, o volume foi acumulado em 12 segundos e então extrapolado para 1 minuto.

Cada manobra foi realizada até obterem-se três curvas aceitáveis e duas reprodutíveis, não excedendo mais que oito tentativas, conforme protocolo do equipamento. No equipamento utilizado, as provas se sobrepunham automaticamente, o que facilitava a verificação da reprodutibilidade dos testes. Assim, preenchidos os critérios de aceitação, as curvas eram classificadas, de acordo com a reprodutibilidade, considerando diferenças máximas para CVF e VEF₁ nas duas melhores curvas, menor que 150 ml e para o pico de fluxo expiratório, menor que 10%. Os testes que excederam esses limites foram excluídos. As curvas foram analisadas e revisadas por dois avaliadores. As curvas consideradas como inadequadas tecnicamente foram excluídas da análise. Preenchidos os critérios de aceitação e reprodutibilidade, os maiores valores das variáveis estudadas foram anotados.

1.2.4 Variáveis

A partir dos testes espirométricos foram obtidos os valores de volume de referência ou valores preditos, baseado nas equações para sujeitos saudáveis, desenvolvidas de acordo com as diretrizes para testes de função pulmonar (Pereira, 2002). As equações de regressão das variáveis espirométricas para a população brasileira do sexo masculino encontram-se no final do texto (ANEXO II). Além dos valores de volume absolutos, denominado no texto como valores obtidos e os valores de volume em porcentagem do redito, referentes à CVF, VEF₁, razão VEF₁/CVF e VVM.

1.2.5 Análise estatística

Para verificar a distribuição dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk, sendo rejeitada a hipótese de normalidade. Assim, o teste de Wilcoxon para amostras pareadas foi utilizado para comparar os valores de volume predito e obtidos na avaliação inicial, comparar os valores de volume obtidos na primeira e segunda avaliação (pré e pós-teste) e comparar os valores de volume em porcentagem do predito na primeira e segunda avaliação. A fim de verificar

a relação de dependência entre as variáveis respiratórias CVF e VVM e o tempo total de treinamento em rúgbi de cadeira de rodas, foi realizada a análise de regressão entre estas variáveis. O nível de significância estatística foi estabelecido em $p < 0,05$. A análise estatística foi realizada utilizando o software Bioestat 5.0. e MATLAB versão 7.0.

1.3 Resultados

Os valores médios e de desvio padrão das variáveis respiratórias CVF, VEF₁, VEF₁/CVF e VVM referentes a primeira avaliação do grupo de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 : Valores médios e de desvio-padrão referentes as variáveis espirométricas CVF, VEF₁, VEF₁/CVF e VVM preditos, obtidos e em percentagem do predito e valores de p da comparação entre valores preditos e obtidos na primeira avaliação do grupo de jogadores (n = 10).

	Valores Preditos	Valores Obtidos	% do predito	p
CFV (l)	5,3±0,6	2,86±0,8	55,2±19,1	0.002*
VEF₁ (l)	4,5±0,5	2,67±0,8	61,3±22,2	0.002*
VEF₁/CVF	0,9±0,1	0,93±0,9	106,1±11,4	0.1
VVM (l/min)	152,1 ± 13,1	113,1±26,1	74,8±21,2	0.002*

CVF=capacidade vital forçada; VEF₁= volume forçado expirado no primeiro segundo; VVM=ventilação voluntaria máxima.

* $p < 0.05$

Os valores de CVF, VEF₁ e VVM obtidos a partir dos testes espirométricos foram significativamente inferiores aos valores preditos ($p < 0.05$), com exceção de VEF₁/CVF.

A Figura 1 apresenta a variável espirométrica CVF com os valores de volume em percentagem do predito e os valores de volume obtidos, do grupo de jogadores de rúgbi, na primeira e segunda avaliação.

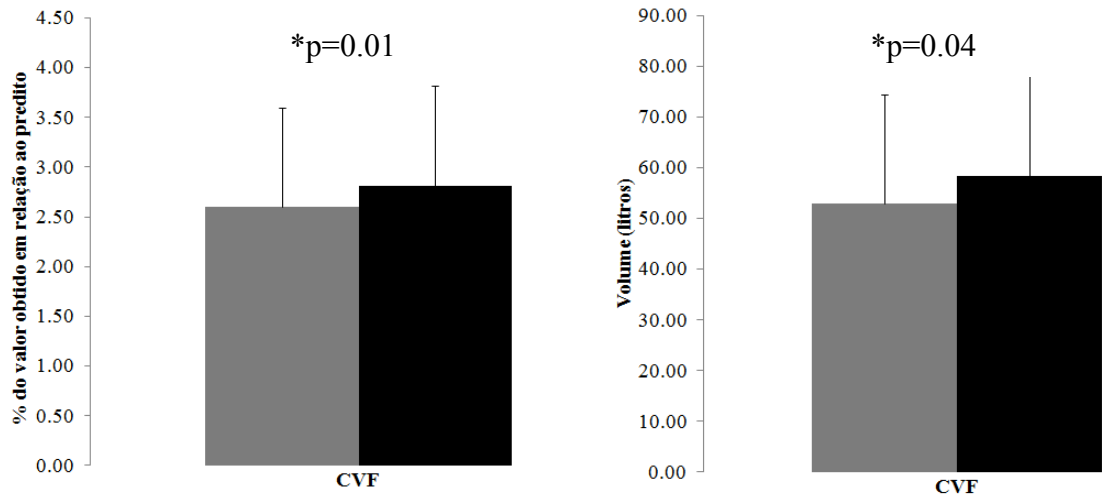


Figura 1. Valores de volume em porcentagem do predito (à esquerda) e em valores obtidos (à direita) da variável espirométrica CVF, na primeira avaliação (em cinza) e segunda avaliação (em preto) do grupo de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas.

Os resultados mostram que houve um aumento significativo nos valores de volume em porcentagem do predito de 10,5% ($p=0.01$) e os valores obtidos da CVF de 8,4% ($p=0.04$) nas avaliações pré e pós um ano de treinamento de rúgbi em cadeira de rodas.

Na Figura 2 está a variável espirométrica VEF₁ com os valores de volume em porcentagem do predito e os valores de volume obtidos, do grupo de jogadores de rúgbi, na primeira e segunda avaliação.

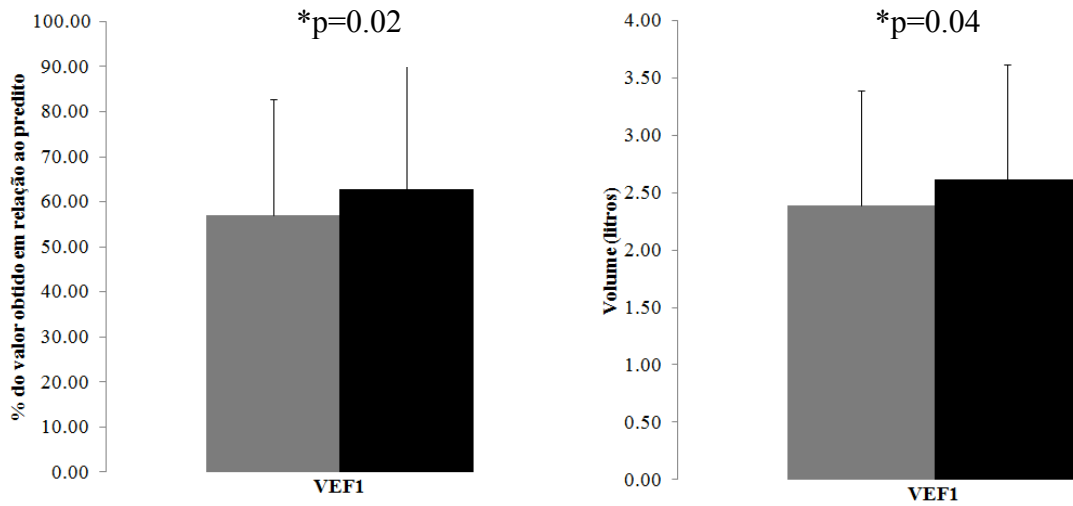


Figura 2. Valores de volume em porcentagem do predito (à esquerda) e em valores obtidos (à direita) da variável espirométrica VEF₁, na primeira avaliação (em cinza) e segunda avaliação (em preto) do grupo de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas.

Houve um aumento significativo nos valores de volume em porcentagem do predito de 10,2% ($p=0.02$) e os valores obtidos da VEF₁ de 9,2% ($p=0.04$) da primeira para a segunda avaliação.

Os valores de volume em porcentagem do predito e os valores de volume obtido, do grupo de jogadores de rúgbi na primeira e segunda avaliação da variável espirométrica VVM estão apresentados na Figura 3.

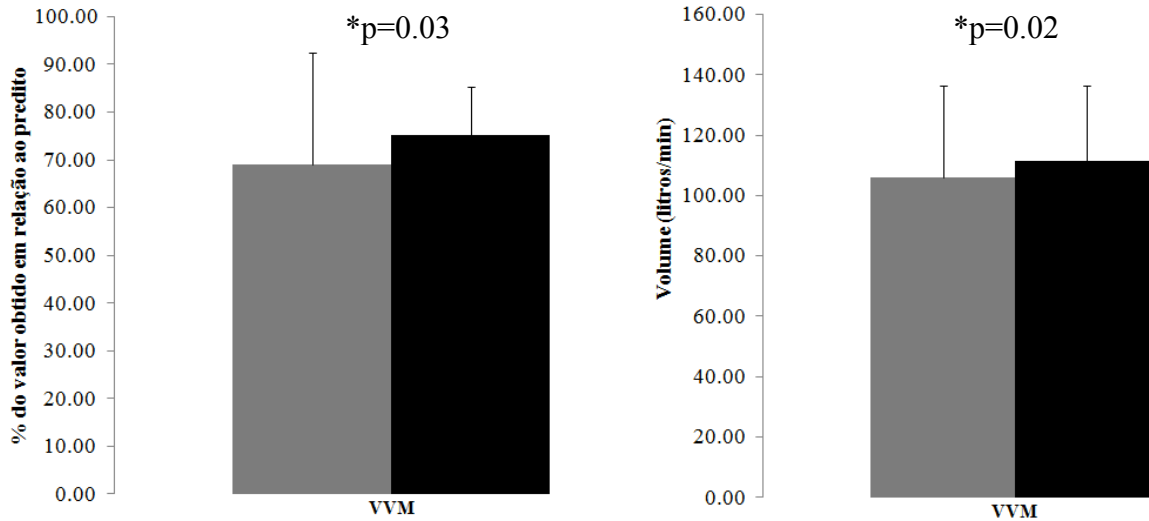


Figura 3. Valores de volume em porcentagem do predito (à esquerda) e em valores obtidos (à direita) da variável espirométrica VVM, na primeira avaliação (em cinza) e segunda avaliação (em preto) do grupo de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas.

Da primeira para a segunda avaliação, houve um aumento significativo nos valores de volume em porcentagem do predito de 9% ($p=0.03$) e os valores obtidos da VVM de 5% ($p=0.04$).

Os dados de regressão linear entre a CVF e tempo total de treinamento em rúgbi de cadeira de rodas estão apresentados na Figura 4. . A análise de regressão mostrou que a CVF de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas tem relação de dependência com o tempo total de treinamento, com valores de $r^2= 0,93$ e $p=0.0004$.

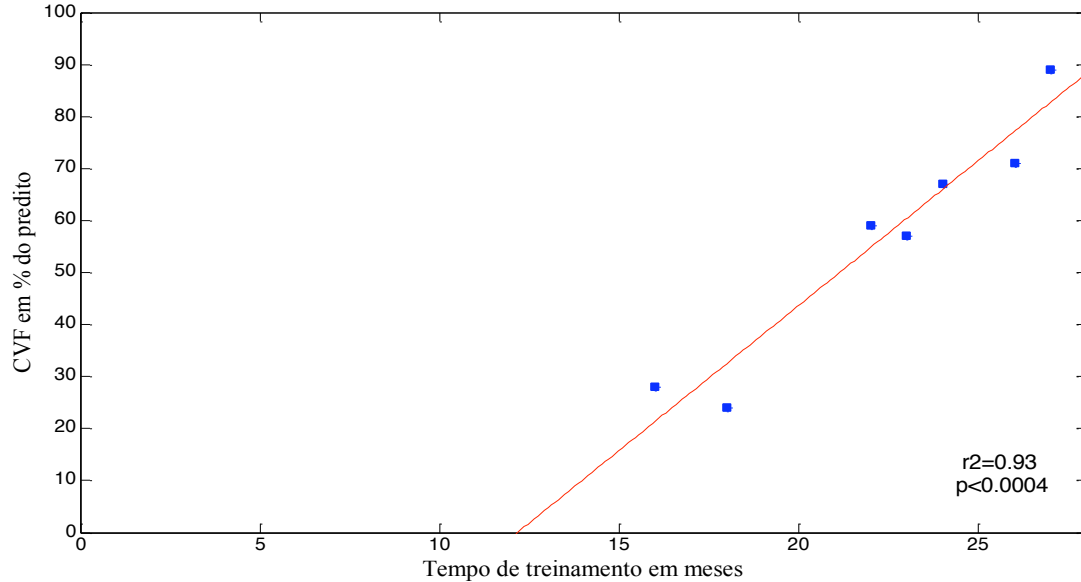


Figura 4. Regressão linear de sete sujeitos, relacionando capacidade vital forçada (CVF) e o tempo total de treinamento.

Na Figura 5 estão apresentados os dados de regressão linear entre a VVM e tempo total de treinamento em rugby de cadeira de rodas. A análise de regressão mostrou que a VVM de jogadores de rúgbi em cadeira de rodas tem relação de dependência com o tempo total de treinamento, com os com valores de $r^2=0,58$ e $p=0.004$.

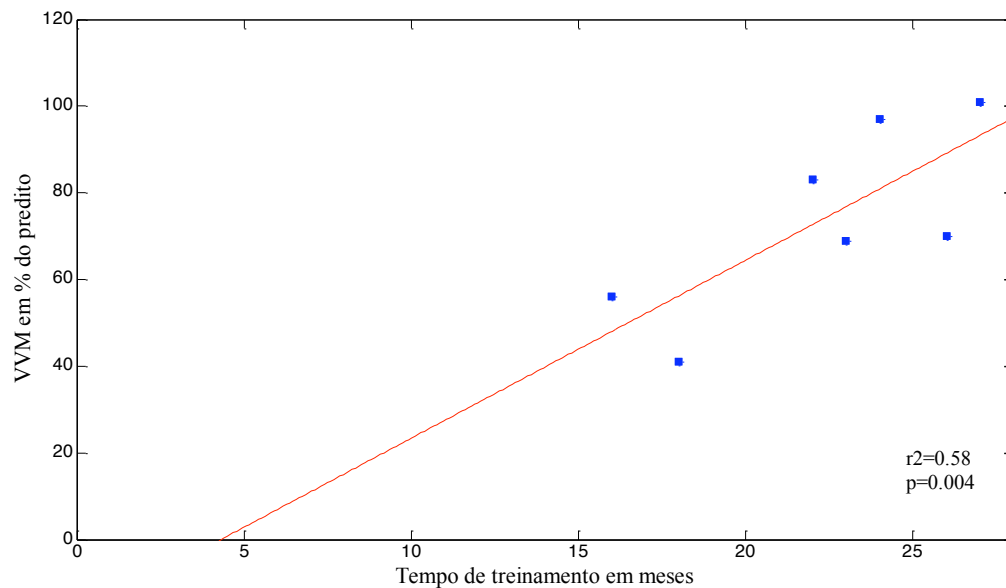


Figura 5. Regressão linear de sete sujeitos, relacionando ventilação voluntária máxima (VVM) e o tempo total de treinamento.

1.4 Discussão

Este estudo investigou a função pulmonar de tetraplégicos jogadores de rúgbi em cadeira de rodas, antes e depois de um período de um ano de treinamento utilizando a espirometria como instrumento de avaliação.

Os resultados da primeira avaliação mostraram que os tetraplégicos analisados apresentaram uma diminuição nas variáveis CVF, VEF₁ e VVM e razão VEF₁/CVF normal comparado com valores preditos para a população saudável de acordo com as equações propostas por Pereira (2002), indicando que a função pulmonar de todos os voluntários estava reduzida caracterizando o grupo analisado com síndrome ventilatória restritiva. Estes resultados eram esperados e concordam com os trabalhos de Anke et al.(1993), De Troyer et al (1997), que referem que tetraplégicos apresentam comprometimento da capacidade inspiratória, com padrão ventilatório restritivo. Este resultado também pode ser explicado pelo fato da lesão medular cervical comprometer não somente os músculos expiratórios, mas também os músculos inspiratórios (Noreau e Shephard, 1995; Winslow e Rozovsky, 2003).

Na comparação pré e pós treinamento houve aumento nas variáveis espirométricas CVF, VVM e VEF₁ após um ano de treinamento. Durante uma partida de rúgbi em cadeira de rodas, os jogadores precisam aumentar a demanda ventilatória. Os tetraplégicos, podem ter recrutado os músculos acessórios da respiração que estão íntegros para melhorar a ventilação (De Troyer e Heilporn, 1980; De Troyer, Estenne e Heilporn, 1986). No estudo de Hicks et al (2003), foi descrito que os exercícios com os membros superiores podem ter ação nos músculos acessórios da respiração. O esporte analisado exige o uso de musculatura de cintura escapular e ombros, sugerindo que a melhora da função pulmonar possa ser conseqüência desse trabalho. Isso sugere que existem efeitos benéficos dos esportes em cadeira de rodas sobre a função pulmonar de indivíduos que sofreram lesão medular. Além do acometimento respiratório, a literatura refere que lesados medulares apresentam reduzida capacidade física (Hopman et al., 1997), e um estilo de vida inativo em virtude da disfunção motora dos membros inferiores e/ou superiores (Derrickson J, 1992), o que pode piorar a condição física geral desta população. Assim, a implementação de atividade físicas para lesados medulares tem sido um recurso importante na

prevenção das disfunções pulmonares, sendo enfatizado exercícios com membros superiores (Hicks et al., 2003).

Reforçando os achados, Bougenot et al. (2000) referem que o exercício físico realizado em cadeira de rodas promove adaptações musculares nos membros superiores, levando ao aumento da força principalmente dos músculos flexores do ombro. Associado a isto, Lake et al. (1990) sugerem que os músculos da cintura escapular, onde estão incluídos os flexores de ombro, podem agir como músculos acessórios da respiração, uma vez que possuem fixação em regiões extratorácicas, tais como os membros superiores, permitindo um aumento na expansão da caixa torácica. Assim, considerando que a prática de rúgbi em cadeira de rodas exige a utilização dos membros superiores com conseqüente envolvimento de músculos acessórios da respiração, os resultados sugerem que esta atividade esportiva pode ter impacto positivo sobre a função pulmonar de atletas tetraplégicos.

A análise de regressão mostrou que a CVF e VVM são dependentes do tempo de treinamento de rúgbi em cadeira de rodas, indicando que os jogadores com maior tempo de treinamento foram os que apresentaram maiores valores de função pulmonar. Apesar de correlações positivas nas duas variáveis, nota-se que a análise de regressão entre a CVF e o tempo de treinamento apresentou um valor de r^2 de 0,98 e a VVM e o tempo de treinamento um r^2 de 0,58, essa diferença pode ter acontecido por alguns fatores que serão descritos a seguir. As manobras solicitadas avaliam coisas diferentes, a CVF avalia a quantidade máxima de ar expirado de cada indivíduo, é uma manobra rápida com duração de 6 segundos, possivelmente durante essa manobra os voluntários analisados utilizaram-se de musculaturas íntegras acessórias da respiração como por exemplo o peitoral maior (De Troyer, Estenne e Heilporn, 1986) para realizar uma máxima expiração. Na VVM é avaliado a capacidade de sustentação muscular máxima em um determinado tempo (Pereira et al, 2002), com isso os indivíduos, além de recrutarem musculaturas íntegras para respirar, precisam conseguir mantê-las por um determinado tempo. Os tetraplégicos apresentam alterações no sistema respiratório que levam a ineficiência da respiração contribuindo para diminuição da resistência dos músculos respiratórios (Brown et al, 2006), o que pode ser causado um valor de r^2 menor quando a análise de regressão foi realizada com a VVM.

Crane et al (1994) estudaram a função pulmonar de sujeitos com lesão medular entre C5 e T1 que praticavam diversos esportes adaptados, e através de análise de

correlação verificaram que existe correlação positiva significativa entre a CVF e o nível de treinamento. Este resultado foi concordante com o do presente estudo sobre a relação dependência entre CVF e o treinamento físico.

1.5 Conclusão

Este estudo mostrou que após um ano de treinamento de rúgbi em cadeira de rodas existiu melhora na função pulmonar do grupo analisado e que os jogadores de rúgbi em cadeira de rodas que tinham o maior tempo de treinamento foram os que atingiram maiores valores na CVF e VVM, sugerindo que a prática do rúgbi em cadeira de rodas pode ter um impacto positivo sobre a função pulmonar de jogadores tetraplégicos.

Tivemos como limitação do estudo a dificuldade em recrutar um número maior de voluntários, uma vez que não existem muitos tetraplégicos praticantes de atividade física e poucos são os times de rúgbi em cadeira de rodas no Brasil. O desenho experimental teria sido mais adequado se houvesse um grupo de tetraplégicos não praticantes de atividade física durante o mesmo período, o qual serviria de controle. Ainda, tivemos perda amostral de três voluntários durante o período de treinamento. No entanto, os fatos citados acima não são incomuns em estudos envolvendo tetraplégicos (Haisma et al., 2006; Van Houtte, Vanlandewijck e Gosselink, 2006; Valent et al., 2007).

Capítulo 2- Análise cinemática da mobilidade tóracoabdominal em tetraplégicos praticantes de rúgbi em cadeira de rodas durante a respiração

2.1 Introdução

É conhecido que fatores como idade, gênero, atividade física e propriedades mecânicas do sistema respiratório afetam a respiração (De Troyer e Heilporn, 1980; Schilero et al., 2009). As variáveis relacionadas ao volume e tempo respiratório dependem do controle feito por mecanismos corticais e periféricos e da ação da musculatura respiratória (Loveridge, Sanii e Dubo, 1992; Dallmeijer e Van Der Woude, 2001). Alterações nesses mecanismos podem levar a mudanças na configuração tóracoabdominal e nos componentes do padrão respiratório (Clark, Hagerman e Gelfand, 1983; Ferrigno et al., 1994; Aliverti et al., 1997; Vogiatzis et al., 2005; Tomich et al., 2007) .

Em virtude do comprometimento sensorial, motor e da inervação autonômica abaixo do nível da lesão, lesados medulares apresentam importantes alterações da função respiratória caracterizando-se por paralisia ou fraqueza muscular respiratória, e dependendo do nível da lesão pode afetar tanto a musculatura expiratória quanto a inspiratória (Dallmeijer e Van Der Woude, 2001; Mueller, Perret e Spengler, 2006). A fraqueza da musculatura respiratória normalmente promove perda da habilidade de gerar grandes volumes respiratórios, levando a microatelectasias periféricas e uma baixa complacência pulmonar (Baydur, Adkins e Milic-Emili, 2001; Dallmeijer e Van Der Woude, 2001).

Considerando que os programas de reabilitação para tetraplégicos tem entre suas metas melhorar a função pulmonar desses indivíduos (Van Houtte, Vanlandewijck e Gosselink, 2006), conhecer detalhadamente as alterações pulmonares e a mobilidade tóracoabdominal de lesados medulares torna-se importante, pois irá fornecer subsídios sobre as disfunções respiratórias, ampliando o debate da interferência muscular e os mecanismos de adaptação durante a respiração.

As alterações do aparelho respiratório em tetraplégicos têm sido investigadas em estudos envolvendo a influência da postura supina e sentada sobre a respiração (Mortola e Sant'ambrogio, 1979; Loveridge, Sanii e Dubo, 1992), mecanismo musculares responsáveis pela inspiração e expiração (De Troyer, Estenne e Heilporn, 1986), a complacência da parede abdominal (Goldman et al., 1986; Brown et al., 2006) e a função pulmonar (Schilero et al., 2009). Sabe-se que a respiração nos tetraplégicos está alterada, mas não está claro como funciona o mecanismo de movimento do tronco nesses indivíduos, sendo importante coletar informações detalhadas sobre as alterações no padrão de movimentação respiratória dessa população (Bodin et al., 2003).

O acompanhamento da evolução da capacidade respiratória pode dar indicação da eficácia dos programas de treinamento e reabilitação (Dallmeijer e Van Der Woude, 2001). No entanto, tem sido demonstrado que o esforço físico na vida cotidiana de usuários de cadeira de rodas com lesão medular é demasiadamente baixo para melhorar a função pulmonar (Stewart et al., 2000). Sendo assim, os indivíduos com lesão medular têm se tornado motivados a participarem de programas de exercícios, atividades em grupos e prática de esportes, visando prevenção de doenças, manutenção de independência funcional e melhora da capacidade respiratória (Hansen, 1998; Haisma et al., 2006).

A análise cinemática tridimensional da movimentação do tronco durante a respiração pode fornecer dados capazes de mostrar características importantes sobre comportamento da mecânica respiratória de maneira dinâmica, quantificando a variação de volume no tempo, mostrando a contribuição de diferentes regiões do tronco durante a respiração e a relação dessas variáveis com a ação muscular (Aliverti et al., 1997; Lanini et al., 2003; Sarro et al., 2009).

Diante do fato que a lesão medular produz importantes alterações relacionadas a função respiratória (De Troyer, Estenne e Heilporn, 1986; McCool et al., 1986) tivemos como hipótese verificar a existência de mudança na mobilidade tóracoabdominal durante a respiração em volume corrente e em capacidade vital entre indivíduos com e sem lesão medular e observar se o tempo de treinamento físico altera a mobilidade de tronco em tetraplégicos.

Logo, o estudo teve como objetivos analisar a movimentação relativa dos compartimentos do tronco em lesados medulares praticantes de rúgbi em cadeira de rodas em volume corrente e

em de capacidade vital e verificar as diferenças de mobilidade nos compartimentos do tronco dos indivíduos tetraplégicos após um ano de treinamento físico de rúgbi em cadeira de rodas.

2.2 Método

2.2.1 Sujeitos

Este é um estudo com amostra de conveniência, que contou com a participação de 18 voluntários, sendo nove lesados medulares tetraplégicos e nove sem lesão medular. Os critérios de inclusão para o grupo de lesados medulares foram: tempo de lesão superior a 12 meses, condição clínica estável, sujeitos do gênero masculino, não serem fumantes, praticarem atividade esportiva regularmente por mais de seis meses, não apresentarem complicações respiratórias agudas ou histórico de doenças cardiorrespiratórias e deformidades fixa na coluna vertebral. O grupo controle foi composto de sujeitos do gênero masculino, sem lesão medular, sedentários, não fumantes, sem alterações cardiorrespiratórias e músculo-esqueléticas. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética da Instituição sob protocolo nº 029/2010:0028.0.146.000-10, todos os voluntários assinaram um termos de consentimento livre e esclarecido (ANEXO I).

2.2.2 Modelo de representação do tronco

Trinta marcadores retrorrefletivos ($\emptyset = 5\text{mm}$), foram afixados no tronco dos sujeitos usando um modelo onde o tronco foi dividido em quatro compartimentos (Figura 6) : tórax superior (TS), refletindo a ação dos músculos do pescoço, intercostais e peitorais, tendo como limites superiores os acrômios, e as sétimas costelas de ambos os lados como limites inferiores; tórax inferior (TI), refletindo a ação dos músculos intercostais e diafragma, tendo como limites superiores as sétimas costelas e limites inferiores as décimas costelas; abdome superior (AS), refletindo a ação dos músculos diafragma e abdominais, tendo como limite superior a décima costela de ambos os lados e limite inferior o ponto de encontro do plano que passa por L4 com a linha axilar anterior (direita e esquerda); e abdome inferior (AI), refletindo a ação dos músculos abdominais, tendo como limites superiores, os pontos que passam por L4 com a linha axilar

anterior (direita e esquerda), e limite inferior os pontos de encontro que passam por L5 com a linha axilar (direita e esquerda), conforme descrito por Loula et al (2004).

Através das coordenadas tridimensionais dos marcadores, os volumes parciais do tronco foram calculados. Para o cálculo do volume em função do tempo, cada compartimento foi definido geometricamente como a soma de dois dodecaedros irregulares com 8 vértices, delimitados pelos marcadores. Cada dodecaedro foi subdividido em 6 tetraedros, sendo a somatória dos volumes dos tetraedros igual ao volume de um dodecaedro. Com isso, foi possível o cálculo dos volumes para os quatros diferentes compartimentos do tronco (TS, TI, AS, AI), obtendo curvas de volumes parciais em função do tempo.

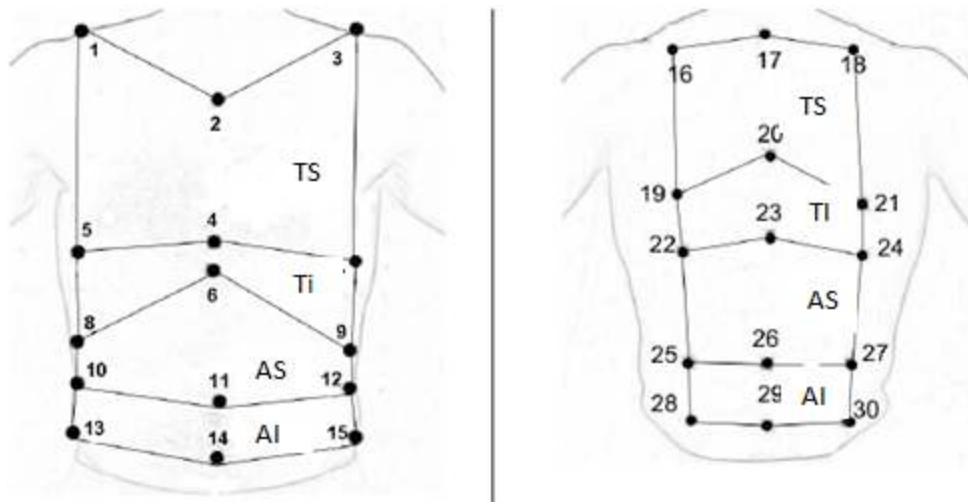


Figura 6. Modelo de marcação utilizado, composto por 30 marcadores esféricos retrorreflexivos, fixados em referências anatômicas e geométricas. Os pontos anatômicos e geométricos são utilizados para a definição dos vértices de cada compartimento, a saber, tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdômen superior (AS) e abdômen inferior (AI).

2.2.3 Análise cinemática tridimensional

O sistema DVide (Figuroa, Leite e Barros, 2003), foi utilizado para obter as coordenadas tridimensionais de marcadores passivos a partir de imagens obtidas por câmeras de vídeo. Nesse estudo foram utilizadas seis câmeras de vídeo Basler -modelo A602fc, frequência de aquisição de 40 Hz para o grupo de lesados medulares e para o grupo controle o modelo JVC-GR 9500, com

frequência de aquisição de 60Hz, as câmeras estavam sincronizadas e dispostas ao redor do voluntário, sendo três a frente e três atrás. Considerando que o movimento respiratório é bastante lento, ambas as frequências de aquisição foram consideradas suficientes para a aquisição de dados.

As imagens foram obtidas em um local previamente calibrado em relação a um sistema de coordenadas predefinido. Sabendo que as lentes das câmeras de vídeo causam distorção nas imagens foi utilizado um procedimento não linear, com correção da distorção óptica para a calibração, conforme descrito em (Silvatti, 2009). As projeções dos marcadores nas sequências de imagens foram medidas simultaneamente para os 30 marcadores de maneira automática, usando um algoritmo de processamento de imagens baseado em morfologia matemática. Então, as coordenadas tridimensionais dos marcadores foram reconstruídas. A partir da análise espectral dos dados, foi aplicado a suavização nas coordenadas tridimensionais utilizando o filtro digital *butterworth* de segunda ordem com frequência de corte de 0,33 Hz.

2.2.4 Procedimento Experimental

Os voluntários foram posicionados na postura sentada (Figura 7), utilizando-se uma cadeira adaptada, os ombros permaneceram em abdução de aproximadamente 70° graus, os antebraços apoiados, joelhos e quadris a 90° graus com os pés apoiados no chão. Para o grupo de lesados medulares foi colocada duas barras posteriores na cadeira para que os voluntários pudessem permanecer na posição sentada e usado rolos de espuma e velcron para manter os joelhos e pés posicionados como descrito. O procedimento experimental constitui no registro em vídeo de quatro ciclos respiratórios em volume corrente (VC) e quatro ciclos respiratórios com inspiração e expiração máximas em capacidade vital (CV).

O grupo de lesados medulares foi reavaliado pelo mesmo procedimento após um ano de treinamento em rúgbi em cadeira de rodas, para verificar os efeitos do treinamento físico sobre a mobilidade tóracoabdominal. Durante este período três atletas foram excluídos da amostra, dois por não regularidade nos treinos e um por apresentar doença no trato respiratório no período da reavaliação. O programa de treinamento de um ano foi constituído de três a quatro treinos por semana com duração de duas horas cada.

A periodização do treinamento teve como base o cronograma de competições, e seguiu o modelo tradicional de ciclo anual, dividido em período preparatório, período de competição, e período de transição. Nos dois períodos em que os jogadores de rúgbi em cadeira de rodas foram avaliados, estavam saindo do período de competição e entrando no período de transição, sendo as duas avaliações realizadas na semana após o Campeonato Brasileiro de Rúgbi em Cadeira de Rodas.

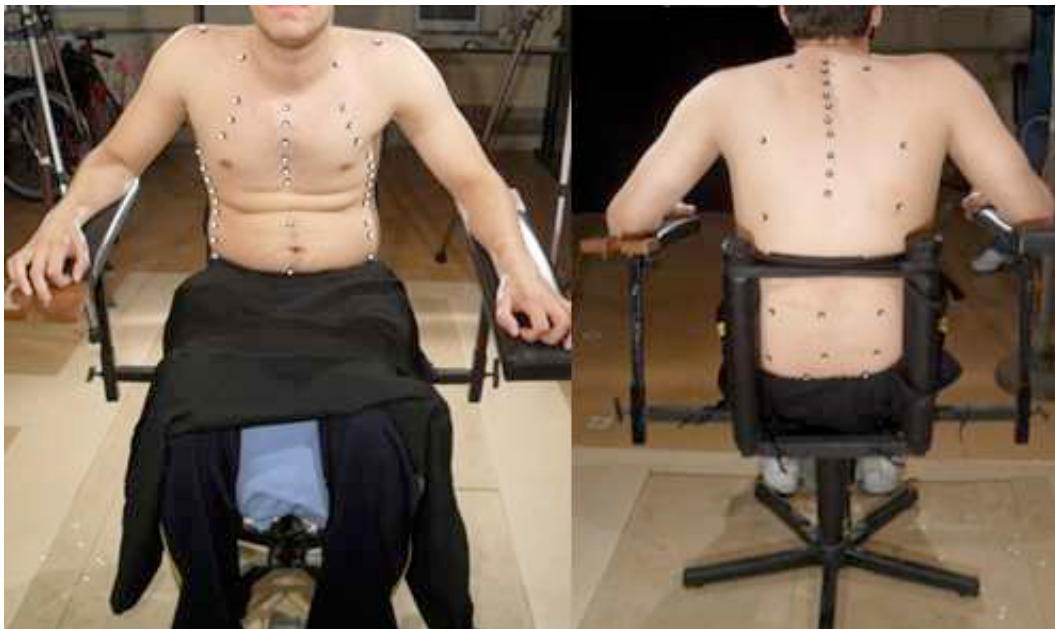


Figura7. Imagem do posicionamento de um voluntário do grupo lesado medular, vista anterior à esquerda e vista posterior à direita.

2.2.5 Variáveis Experimentais

A partir da obtenção das curvas de volume em função do tempo de cada um dos quatro compartimentos do tronco, o coeficiente de variação da curva de volume em função do tempo foi usado para representar a variação relativa percentual de movimento do tronco, definida nesse estudo como mobilidade tóracoabdominal. A mobilidade tóracoabdominal foi descrita para os quatro compartimentos (TS, TI, AS e AI) de cada sujeito, para os dois grupos (GC e GL), nos dois tipos de respiração (VC e CV). Para a análise do efeito do treinamento físico sobre a mobilidade tóracoabdominal, o coeficiente de variação da curva de volume em função do tempo

foi usado para representar a mobilidade tóracoabdominal nos quatro compartimentos (TS, TI, AS e AI), em capacidade vital para o GL em dois momentos diferentes: na avaliação inicial e após um ano de treinamento. O coeficiente de variação foi escolhido como variável visando normalizar os dados em função do volume médio e reduzir os efeitos das diferenças antropométricas entre os sujeitos, em particular o volume de cada compartimento do tronco.

Para analisar a coordenação dos movimentos respiratórios nos diferentes compartimentos toracoabdominais, em volume corrente e capacidade vital, no grupo controle e no grupo lesados medulares foi calculado o coeficiente de correlação, de dois em dois compartimentos (TSxTI, TSxAS, TSxAI, TIxAS, TIxAI). Os valores do coeficiente de correlação (r), podem variar de 1 a -1. Valores iguais ou próximos a 1 indicam uma alta correlação positiva e os valores iguais ou próximos a -1 indicam uma alta correlação negativa. No presente estudo, o valor de r próximo ou igual a 1, significa uma boa coordenação na movimentação realizada pelos compartimentos do tronco analisados durante as respirações realizadas pelo voluntário e valores negativos uma má coordenação de movimento.

2.2.6 Análise estatística.

Para verificar se havia diferença entre os grupos na comparação entre a idade e características antropométricas, primeiramente foi verificado a normalidade dos dados utilizando o teste Lilliefors, sendo a hipótese de normalidade dos dados rejeitada. Então, o teste de Mann-Whitney ($p < 0.05$) foi aplicado para comparação entre os grupos.

Sabendo que valores em porcentagem não apresentam distribuição normal foi aplicado aos valores do coeficiente de variação a transformação pelo arcoseno, como descrito em (Sokal, 1995; Zar, 1999), e confirmada a normalidade dos dados através do teste de Lilliefors, então aplicado um teste de análise de variância. O teste de análise de variância (ANOVA two-way) foi usado para comparar os coeficientes de variação em cada tipo de respiração para dois fatores: grupo (controle e lesados medulares) e compartimentos (TS, TI, AS, AI) e comparar as interação entre os dois fatores. Quando detectados efeitos significativos o teste post-hoc de Tukey foi aplicado para localizar onde estavam as diferenças.

Para comparar as diferenças entre os coeficientes de variação dos compartimentos do tronco do grupo de lesados medulares antes e depois do treinamento, após a transformação do dados pelo arcoseno e verificação de normalidade pelo Lilliefors, foi aplicado um teste t pareado. Para todos os testes avaliados foi considerado o nível de significância $p < 0.05$.

Utilizou-se a representação na forma de desenho esquemático ou *Box Plot*, para a apresentação dos valores do coeficiente de variação de volume em porcentagem nos dois grupos (GC e GL), nos diferentes compartimentos do tronco: TS, TI, AS, AI, em cada tipo de respiração (VC e CV). Cada caixa do desenho esquemático é delimitada pelos valores correspondentes ao primeiro quartil e pelo terceiro quartil, tendo a indicação da mediana (segundo quartil) no seu interior. A distância entre a extremidade superior e inferior do Box representa a distância interquartilica. A partir da extremidade superior e inferior do Box estendem-se linhas mostrando a distribuição do restante dos valores. Valores extremos (*outliers*) são valores maiores (ou menores) que 1,5 vez a distância interquartilica e são representados pelo sinal “+”, acima ou abaixo da caixa (Mcgill, 1978).

As comparações entre os coeficiente de correlação mostrando a coordenação entre os diferentes compartimentos toracoabdominais e as respirações em volume corrente e em capacidade vital foram feitas de maneira descritiva.

2.3 Resultados

As características dos voluntários com dados de idade, massa corporal, estatura, nível de lesão, tempo de lesão e os valores de p estão apresentados na Tabela 3, onde verifica-se que não existem diferenças estatísticas significativas entre os grupos controle e o de lesados medulares nas variáveis idade, estatura e massa corporal.

Tabela 3. Características dos voluntários do grupo controle e grupo de lesados medulares sobre idade, massa corporal, altura, nível de lesão e tempo lesão.

Características	Controle (n=9)	Lesados medulares(n=9)	p
Idade (anos)	22.2±2.9	25.1±5.7	0.30
Massa corporal (kg)	71.6±6.7	65.2±8.7	0.12
Estatura (m)	1.79±0.05	1.79±0.11	1.00
Nível de lesão	--	C4-C7	
Tempo de lesão (meses)	--	63.44±33.97	

p<0.05

A Figura 8 mostra um voluntário do grupo controle e um voluntário do grupo de lesados medulares, selecionados para representarem o comportamento das variações dos volumes parciais TS, TI, AS e AI em capacidade vital durante quatro ciclos respiratórios em função do tempo. Pode-se observar diferenças comparativas, em cada compartimento, entre os valores das curvas no GC (à direita) e no GL (à esquerda). As figuras das curvas de variação do volume em capacidade vital de todos os voluntários encontram-se no final do texto (ANEXO III).

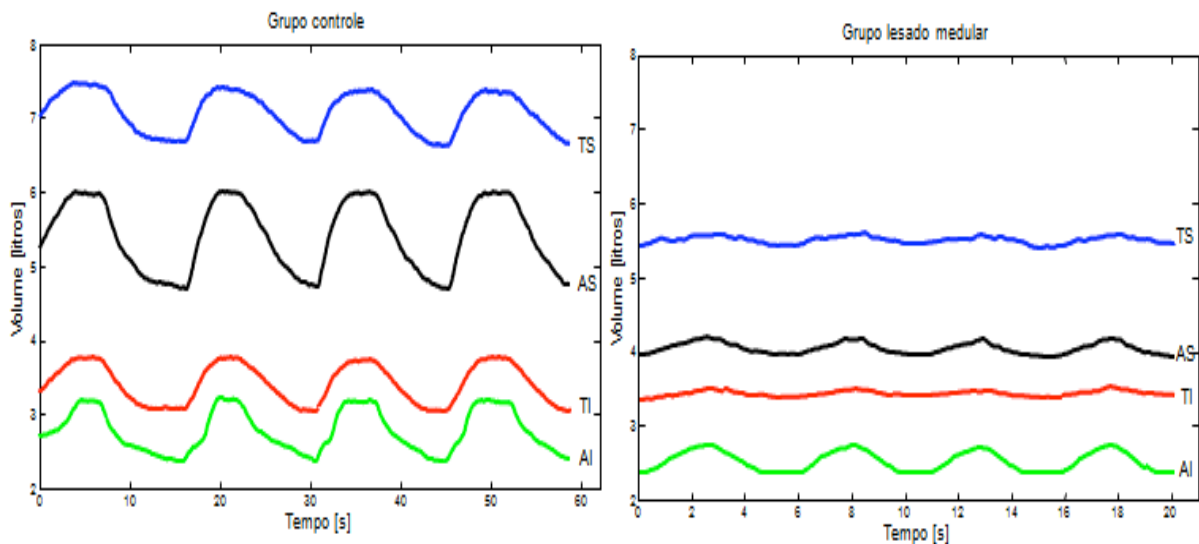


Figura 8. Ilustração das curvas de capacidade vital de um sujeito do grupo controle (à esquerda) e um sujeito do grupo de lesados medulares (à direita), mostrando a variação dos volumes parciais no tórax superior (TS), em azul, tórax inferior (TI), em vermelho, abdome superior (AS), em preto, abdome inferior (AI), em verde, durante quatro ciclos em função do tempo.

Os resultados da ANOVA two-way e os valores do teste de Tukey, com $p < 0.05$, da análise dos nove voluntários do grupo controle e grupo de lesados medulares durante a respiração em volume corrente, apresentados na forma de Boxplot, nas figuras de 9 à 11.

Na Figura 9 observa-se a representação por Box plot, dos valores do coeficiente de variação do volume total do tronco do GL e do GC, em volume corrente (VC), indicando a comparação feita entre o fator grupo. Não foi encontrada diferença significativa entre os grupos quando feito o teste de análise de variância ($p=0.1752$ e $F= 1.88$). Conforme esperado, os valores de coeficiente de variação são baixos, uma vez que se trata de uma medida de variação do compartimento normalizada pelo seu volume total médio.

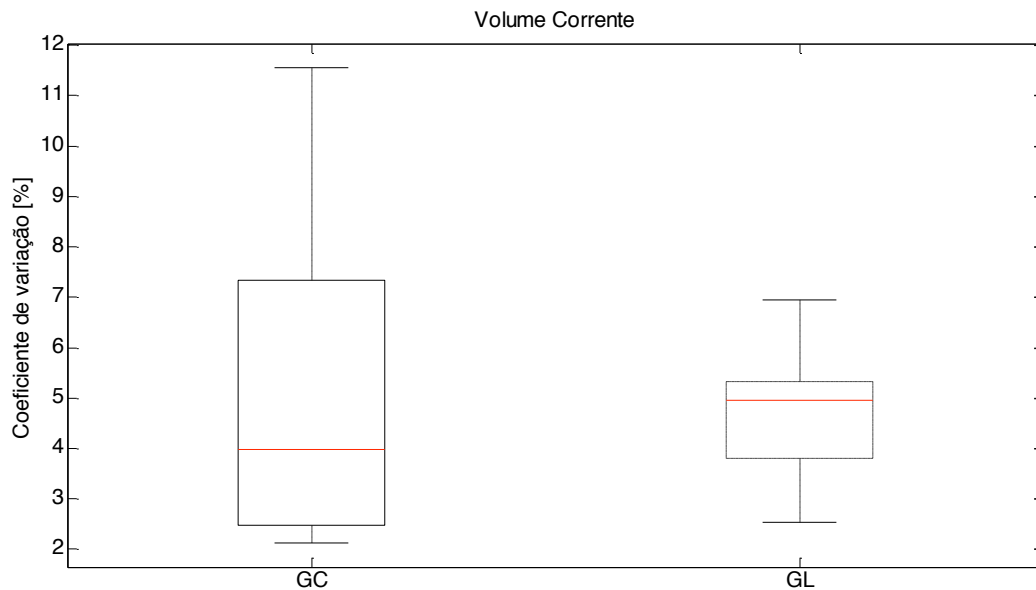
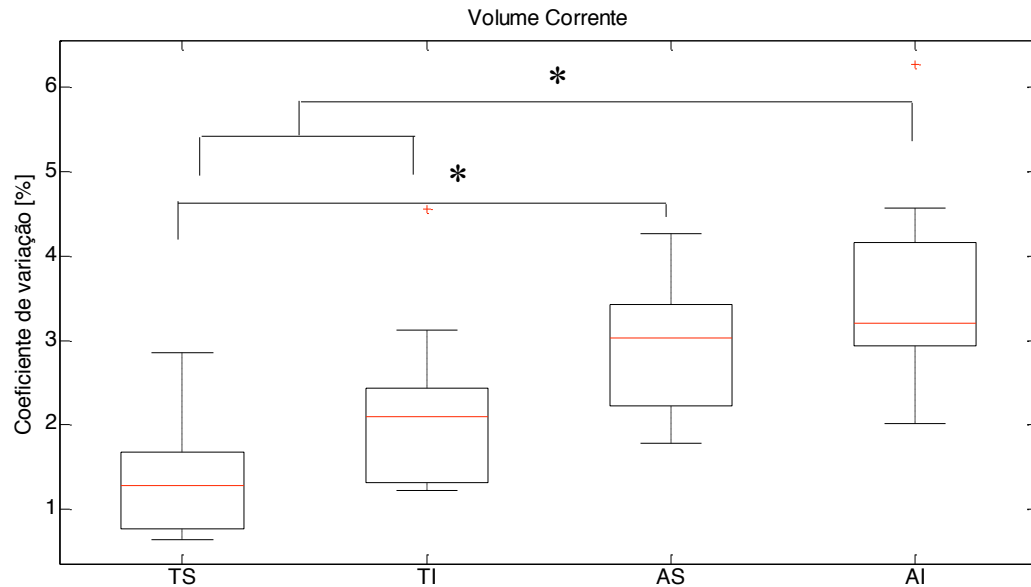


Figura 9 . Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação do volume total do tronco em volume corrente, do grupo controle (GC), linha contínua, e do grupo de lesados medulares (GL), linha pontilhada.

Na Figura 10 observa-se a representação por Box plot, dos valores do coeficiente de variação do volume dos compartimento TS, TI, AS e AI em volume corrente, indicando a comparação feita entre o fator compartimento. Nessa análise constatou que a variação relativa de movimento do compartimento do AI é significativamente maior que a variação relativa de movimento do compartimento do TS e TI e que a variação relativa de movimento do

compartimento do AS é significativamente maior que a variação relativa de movimento do compartimento do TS ($p=0.00002$ e o $F=9.67$).



AI > TS, TI e AS > TS * $p < 0.05$

Figura 10. Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação dos compartimento TS, TI, AS e AI em volume corrente

Na figura 11 observa-se a representação por Box plot dos valores do coeficiente de variação de cada compartimento para o GL e para o GC, em volume corrente (VC), indicando a interação entre os fatores grupo versus compartimentos. Como não houve diferença significativa entre o fator grupo ($p=0.1752$ e $F= 1.88$), não foi possível analisar as diferenças entre a interação grupo versus compartimentos.

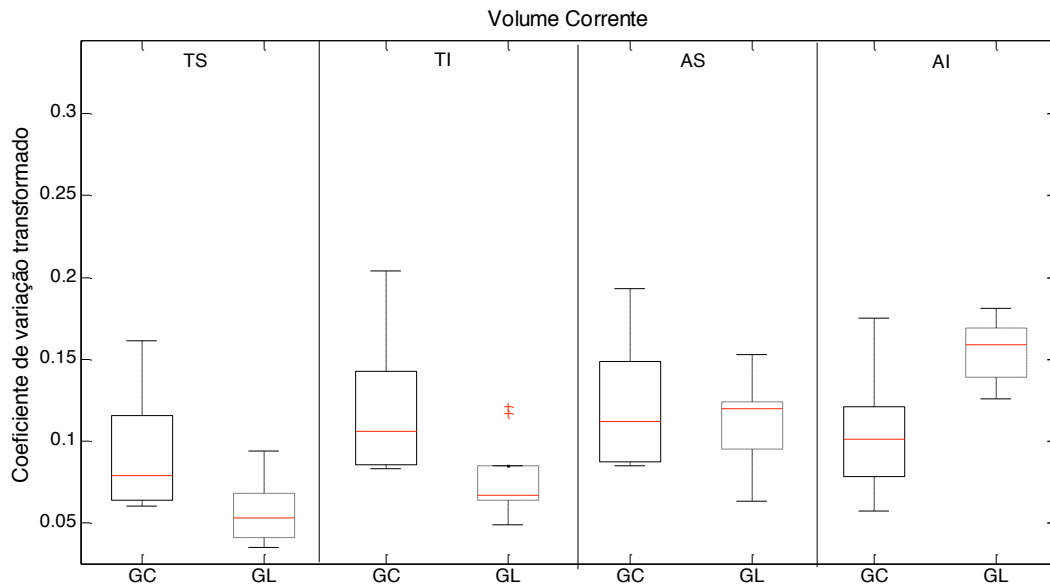


Figura 11. Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação em volume corrente, do grupo controle (GC), linha contínua, e do grupo de lesados medulares (GL), linha pontilhada, nos quatro compartimentos do tronco tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS), abdome inferior (AI).

Os resultados da ANOVA two-way e os valores do teste de Tukey, com $p < 0.05$, da análise dos nove voluntários do grupo controle e grupo de lesados medulares durante a respiração em capacidade vital, apresentados na forma de Boxplot, nas figuras de 12 à 15.

Na Figura 12, observa-se a representação por Box plot, dos valores do coeficiente de variação do volume total do tronco do GL e do GC, em capacidade vital (CV), indicando a comparação feita entre o fator grupo. O grupo controle apresentou valores significativamente maiores que o grupo de lesados medulares ($p = 3 \cdot 10^{-11} *$ e $F = 64.27$).

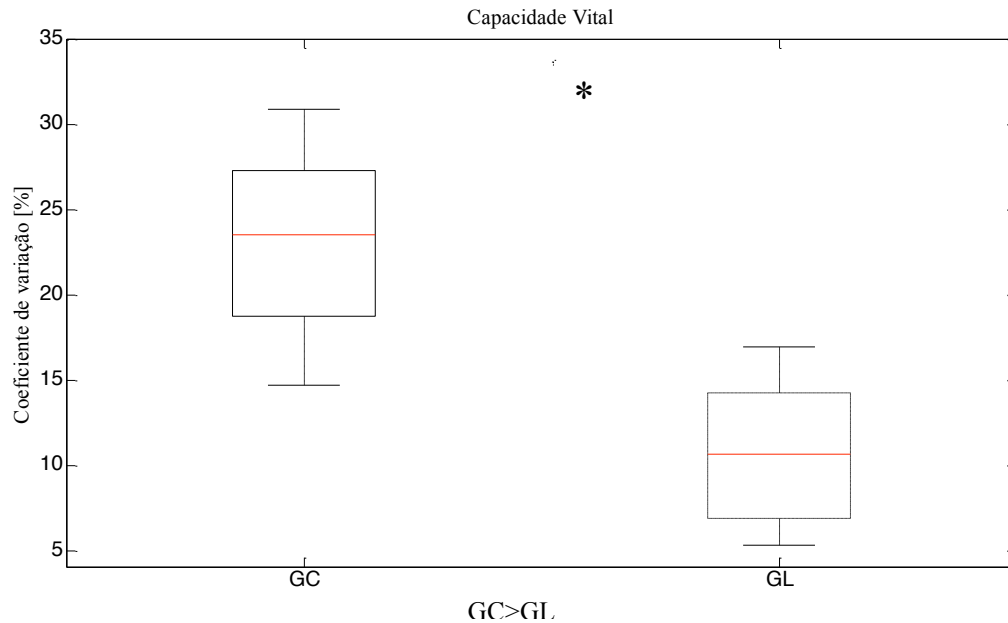


Figura 12. Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação total do tronco em capacidade vital, do grupo controle (GC), linha contínua, e do grupo de lesados medulares (GL), linha pontilhada.

Na Figura 13 observa-se a representação por Box plot, dos valores do coeficiente de variação do volume dos compartimentos TS, TI, AS e AI em capacidade vital, indicando a comparação feita entre o fator compartimento. Nessa análise constatou que a variação relativa de movimento do compartimento do TS é significativamente menor que a variação relativa de movimento dos compartimentos TI, AS e AI ($p=0.00002$ e $F=9.67$). Não houve diferença quando as outras variações relativas de movimento dos compartimentos foram comparadas.

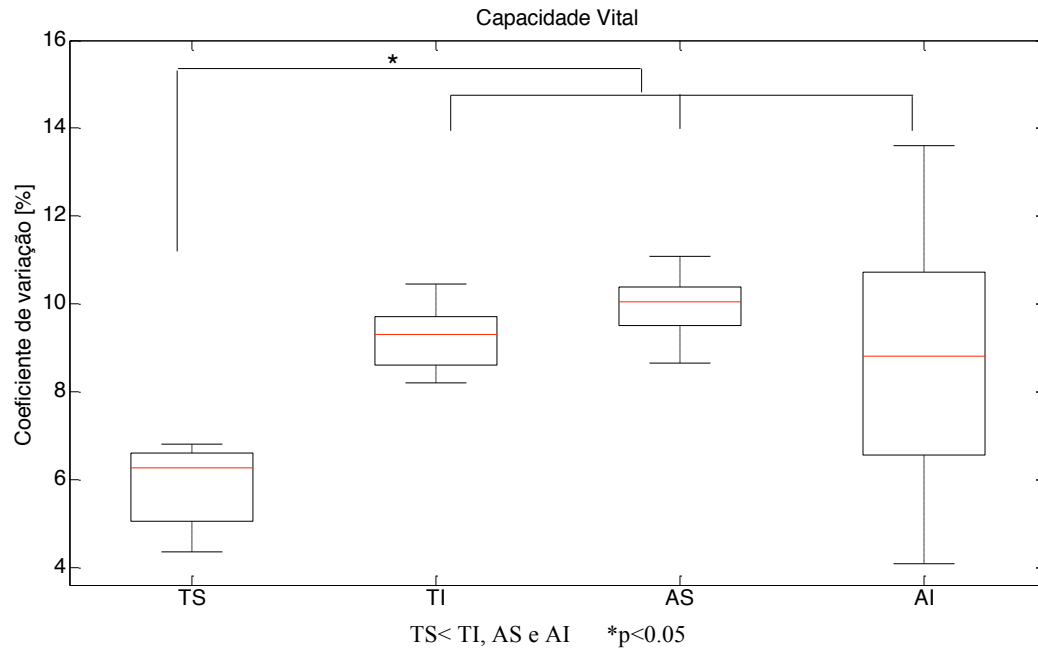


Figura 13. Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação dos compartimentos TS, TI, AS e AI em capacidade vital.

Na Figura 14 observa-se a representação por Box plot dos valores do coeficiente de variação do volume de cada compartimento para o GL e para o GC, em capacidade vital, indicando a interação entre os fatores grupo versus compartimentos. Verificou-se que a variação relativa de movimento dos compartimentos TS, TI e AS do GC são significativamente maiores que a variação relativa de movimento dos compartimentos do TS, TI e AS do GL; Não foi encontrada diferença significativa quando a variação relativa de movimento dos compartimentos do AI foram comparados ($p=0.0026$ e $F=5.27$).

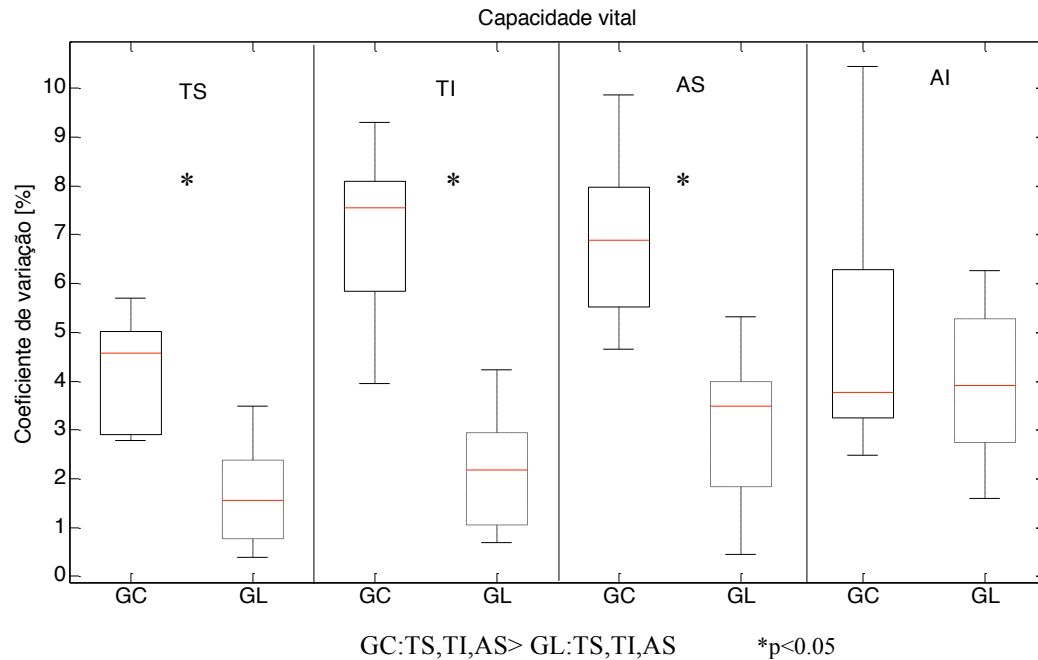


Figura 14. Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação em capacidade vital, do grupo controle (GC), linha contínua, e do grupo de lesados medulares (GL), linha pontilhada, nos quatro compartimentos do tronco tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS), abdome inferior (AI).

Na Figura 15 observa-se a representação por Box plot dos valores do coeficiente de variação do volume de cada compartimento para o GL em A) e para o GC em B), em capacidade vital, indicando a interação intra grupo, comparando os compartimentos dentro do mesmo grupo. No GC não houve diferença estatística entre a variação relativa de movimento dos compartimentos analisados; No GL a variação relativa de movimento do compartimento do TS foi significativamente menor que a variação relativa de movimento do compartimento do AI ($p=0.0046$ e $F=4.78$), não houve diferença significativa quando a variação relativa de movimento dos outros compartimentos foram analisados.

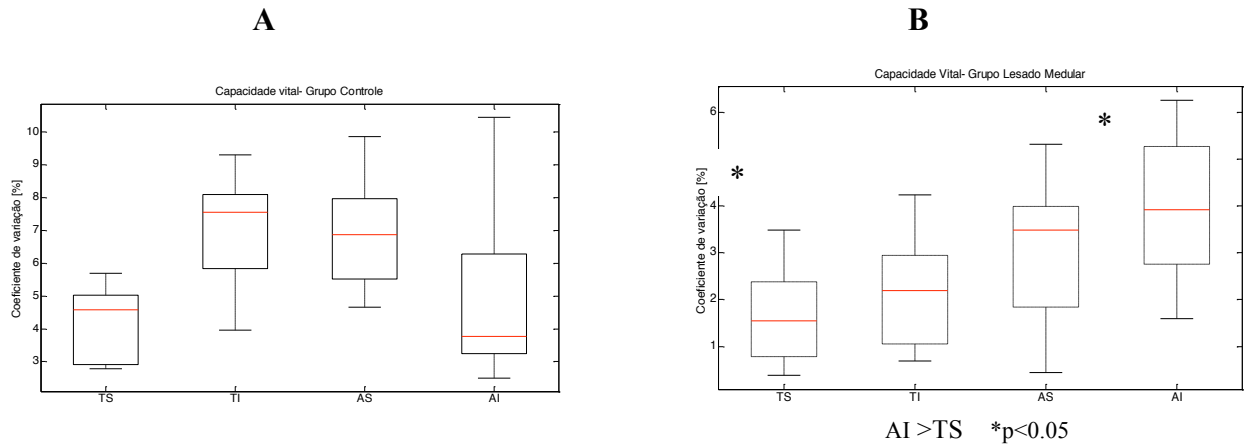


Figura 15. Representação em Box plot dos valores do coeficiente de variação em capacidade vital, nos quatro compartimentos do tronco tórax superior (TS), tórax inferior (TI), abdome superior (AS), abdome inferior (AI) do grupo controle (GC), A, e do grupo de lesados medulares (GL), B.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores do coeficiente de correlação, médias e desvio padrão da combinação entre compartimentos do TSxTI, TSxAS, TSxAI, TIxAS, TIxAI e ASxAI para o GL e GC em volume corrente e capacidade vital.

Tabela4. Valores do coeficiente de correlação, médias e desvio padrão do TSxTI, TSxAS, TSxAI, TIxAS, TIxAI e ASxAI para o GL e GL em volume corrente e capacidade vital.

Grupo Lesados Medulares											
Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital
TSxTI	TSxTI	TSxAS	TSxAS	TSxAI	TSxAI	TIxAS	TIxAS	TIxAI	TIxAI	ASxAI	ASxAI
0.91	0.91	0.93	0.94	0.93	0.91	0.95	0.98	0.92	0.95	0.98	0.98
-0.37	0.89	-0.42	0.95	-0.43	0.91	0.90	0.88	0.90	0.81	0.99	0.97
0.76	0.97	0.76	0.97	0.76	0.70	0.78	0.96	0.81	0.69	0.99	0.75
0.40	0.91	0.65	0.92	0.70	0.91	0.52	0.94	0.46	0.94	0.92	0.98
0.83	0.98	0.85	0.99	0.83	0.83	0.92	0.98	0.89	0.83	0.97	0.87
0.85	0.98	0.85	0.92	0.80	0.88	0.96	0.94	0.92	0.91	0.96	0.99
0.78	0.98	0.72	0.92	0.74	0.82	0.83	0.95	0.86	0.86	0.99	0.97
0.37	0.82	0.07	0.35	-0.25	-0.38	-0.08	0.59	0.14	-0.26	0.46	0.21
0.94	0.99	0.90	0.97	0.74	0.78	0.95	0.99	0.82	0.80	0.93	0.88
0.61±0.42	0.93±0.05	0.59±0.46	0.91±0.08	0.54±0.5	0.62±0.25	0.75±0.34	0.91±0.09	0.75±0.27	0.62±0.29	0.91±0.17	0.76±0.23
Grupo Controle											
Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital	Volume corrente	Capacidade Vital
TSxTI	TSxTI	TSxAS	TSxAS	TSxAI	TSxAI	TIxAS	TIxAS	TIxAI	TIxAI	ASxAI	ASxAI
0.94	0.99	0.84	0.95	0.57	0.85	0.93	0.96	0.72	0.87	0.86	0.96
0.97	0.99	0.95	0.99	0.22	0.94	0.93	1.00	0.13	0.97	0.38	0.97
0.94	0.98	0.96	0.97	0.80	0.75	0.96	0.99	0.79	0.81	0.89	0.84
0.97	0.99	0.94	0.99	0.82	0.83	0.95	0.99	0.85	0.80	0.90	0.86
0.94	0.98	0.95	0.93	0.65	0.19	0.97	0.94	0.72	0.27	0.70	0.38
0.83	0.99	0.73	0.98	0.49	0.66	0.67	0.99	0.39	0.68	0.83	0.77
0.90	0.99	0.91	0.96	0.28	0.86	0.93	0.95	0.24	0.83	0.38	0.92
0.98	0.99	0.93	0.99	0.80	0.90	0.97	0.99	0.86	0.90	0.92	0.89
0.92	0.99	0.95	0.97	0.92	0.91	0.94	0.99	0.92	0.93	0.97	0.97
0.94±0.06	0.99±0	0.88±0.2	0.97±0.02	0.71±0.41	0.76±0.23	0.91±0.12	0.98±0.02	0.73±0.38	0.79±0.21	0.84±0.25	0.84±0.18

Podemos observar maiores valores do coeficiente de correlação durante a respiração em capacidade vital comparada a volume corrente, exceto na combinação TIXAI do GL. No GC, em volume corrente e capacidade vital, apresentou melhores valores de correlação na combinação TSXTI e piores valores de correlação na combinação TSXAI. O GL apresentou melhor valor de correlação na combinação entre compartimentos ASXAI e pior valor de correlação na combinação entre TSXAI em volume corrente. E em capacidade vital, o GL apresentou melhor valor de correlação na combinação entre compartimentos TSXTI e pior valor de correlação na combinação entre TSXTI e TIXAI.

Para a análise do pré e pós treinamento de um ano de rúgbi em cadeira de rodas do GL, estão apresentados os valores médios e de desvio-padrão do coeficiente de variação do volume,

em capacidade vital, nos quatro compartimentos do tronco de sete lesados medulares antes e depois do treinamento na Tabela 5.

Tabela 5 . Valores médios e desvio-padrão do coeficiente de variação, em capacidade vital, nos quatro compartimentos do tronco (TS, TI, AS e AI) e valores de p de sete lesados medulares antes e depois do treinamento.

Compartimento	antes	depois	p
TS	1.08±0.69	1.42±0.81	0.04*
TI	1.49±0.8	1.84±1.19	0.27
AS	2.36±1.46	2.74±1.52	0.26
AI	3.78±1.98	3.21±1.06	0.41

Houve um aumento significativo de 31,4% do coeficiente de variação do volume no compartimento do TS após o período de treinamento, não sendo observadas diferenças significativas quando os demais compartimentos foram analisados.

2.4 Discussão

O presente estudo utilizou-se de uma metodologia reconhecida para detecção da variação do movimento de diferentes regiões do tronco durante respirações basais e máximas em indivíduos tetraplégicos praticantes de rúgbi em cadeiras de rodas e um grupo sem lesão medular.

Os resultados obtidos através da análise cinemática tridimensional mostraram que na comparação entre os grupos, em volume corrente, não houve diferença significativa quando os valores do coeficiente de variação do grupo controle foram comparados ao grupo de lesados medulares. A respiração em volume corrente é definida pela quantidade de ar inspirado e expirado em uma ventilação basal (Pereira, 2002). Por se tratar de uma respiração basal, não existe uma forma de controle dessa respiração, quando solicitada a respiração é feita de forma livre, requer pouco esforço muscular e pouco deslocamentos de ar. Além disso, o número de voluntários analisados por grupo foi pequeno, a não diferença significativa pode ter sido influenciada por estes fatores.

Analisando a comparação entre o fator compartimentos, em volume corrente, verificamos que a variação de volume no compartimento do AI é significativamente maior que a variação de volume no compartimento TS e TI e que a variação de volume no compartimento do AS é significativamente maior que a a variação de volume no TS, sugerindo que existe um predomínio dos compartimentos abdominais sobre os compartimentos torácicos em volume corrente, contudo como não foi verificada diferença entre o fator grupo, não foi possível identificar se o GC, GL ou ambos utilizam-se mais dos compartimentos abdominais durante a respiração em volume corrente. Apesar disso, pela representação no Box plot, observa-se que no grupo de lesados medulares existe uma tendência de maior mobilidade dos compartimentos abdominais sobre os compartimentos torácicos.

Ao analisar a mobilidade do tronco, em capacidade vital, entre o GC e o GL, as diferenças tornam-se evidentes. Na comparação entre o fator grupo, a mobilidade total do tronco do GC foi significativamente maior que a mobilidade total do tronco no GL, esse resultado condiz com os trabalhos de (De Troyer e Heilporn, 1980; De Troyer, 1997; Hopman et al., 1997; Mueller, Perret e Spengler, 2006), que dizem que pessoas com lesão medular apresentam mudanças na função respiratória, como a diminuição da capacidade vital, gerando ventilações ineficientes, aumentando o consumo energético, contribuindo assim para fadiga muscular.

Na análise da interação entre grupo (GC e GL) e os compartimentos (TS, TI, AS e AI), verificou-se que os valores do coeficiente de variação do GC foram significativamente maiores nos compartimentos TS, TI e AS que no GL, sugerindo que os indivíduos com tetraplegia têm menor mobilidade dos compartimentos do TS e do TI quando comparados com as mesmas regiões de indivíduos sem lesão medular.

Goldman et al (1986), estudaram o movimento da caixa torácica e do abdome de 10 tetraplégicos e 6 sujeitos sem lesão medular, utilizando mapeamento óptico na posição supina juntamente com a análise de pressão gástrica e concluíram que nos tetraplégicos há uma maior participação da região abdominal comparada com o tórax. Trabalhos realizados com eletromiografia e plestismógrafos, feitos em tetraplégicos relatam que a contração isolada do diafragma e falta de contração dos músculos intercostais, aumentam a expansão inferior da caixa torácica e diminui a expansão das costelas superiores (De Troyer e Heilporn, 1980; Estenne, Pinet e De Troyer, 2000; Winslow e Rozovsky, 2003). Além disso, Brown et al (2006), em seu trabalho sobre disfunção respiratória e o manejo de pessoas com lesão medular, descreve que

uma menor expansão torácica e diminuição da capacidade pulmonar está relacionada a maior rigidez dos compartimentos que contém as costelas, espasticidade dos músculos intercostais e a redução da força da musculatura inspiratória. Os trabalhos citados concordam com os resultados encontrados nesse estudo.

Quando feita a análise intra grupo, comparando os compartimentos no GL, em capacidade vital, foi encontrada uma maior mobilidade do compartimento AI comparada ao compartimento do TS, não havendo diferença significativa quando os outros compartimentos foram analisados, sugerindo que o grupo de tetraplégicos estudado tem um tipo de respiração abdominal. A falta de ação dos músculos intercostais e a musculatura diafragmática íntegra, faz com que durante a ação muscular do diafragma em oposição aos músculos abdominais e intercostais não ativos, ocorra uma maior distensão na região do abdome (Morgan et al., 1985; Bodin et al., 2003; Brown et al., 2006), provavelmente essa maior movimentação abdominal encontrada esteja relacionada a falta de ação dos músculos abdominais.

Na análise intra grupo, comparando os compartimentos no GC, em capacidade vital, não foi encontrada diferença significativa quando os compartimentos foram analisados, mostrando que no grupo analisado não houve predomínio de um compartimento sobre o outro, sugerindo um tipo de respiração misto.

Os resultados de correlação das combinações entre compartimentos mostraram que no GC e GL os melhores valores de correlação encontrados foram em capacidade vital do que em volume corrente, sugerindo que em ventilações onde se exige maior esforço ventilatório ocorreu uma melhor coordenação entre os compartimentos.

Nos dois tipos de respirações, volume corrente e capacidade vital, o GC apresentou maior coordenação de movimento entre os compartimentos TSXTI e menor coordenação de TSXAS, sugerindo que o grupo analisado mantém o mesma coordenação de movimento em respiração basal e em respiração com maior nível de esforço e apresentou melhor coordenação de movimento nos compartimentos torácicos.

O GL apresentou melhor coordenação de movimento entre os compartimentos ASXAI e menor coordenação entre TSXAI, em volume corrente. E em capacidade vital a melhor coordenação de movimento encontrada foi na combinação entre compartimentos TSXTI e menor coordenação de movimento entre TSXTI e TIXAI. Sugerindo que lesados medulares são capazes de alterar o padrão de coordenação de movimento em situações onde exige um maior esforço

respiratório. Possivelmente, o GL utilizou de musculaturas intactas da região do tórax para conseguirem alterar o padrão de coordenação, indicando que em situações de maiores esforços conseguem modificar e recrutar mais musculaturas para otimizar a respiração. De Troyer e Heilporn (1980) De Troyer, Estenne e Heilporn, (1986) descrevem que os tetraplégicos, podem recrutar os músculos acessórios da respiração que estão íntegros para melhorar a ventilação.

Os resultados da análise do grupo de lesados medulares antes e depois de treinamento em rúgbi em cadeira de rodas indicaram que a mobilidade do tronco no compartimento do TS foi significativamente maior na condição pós treinamento comparada a condição pré treinamento, não havendo diferenças significativas quando os outros compartimentos foram comparados.

O rúgbi em cadeira de rodas é um esporte coletivo para pessoas com disfunções nos quatro membros, indivíduos tetraplégicos precisam utilizar musculaturas integras para conseguirem levar a bola além da linha de gol da equipe contrária (Duffield, 2008). Portanto, os movimentos dos braços e ombros são bastante envolvidos. Os grupos musculares de ombro e braço tem na sua maioria inervação baixa, entre C5-C6, como por exemplo, deltóide supra espinhal, redondo maior e menor, subescapular, bíceps braquial, coracobraquial e tem ligação direta com movimento superior da caixa torácica devido as inserções musculares (Gray, 1918). Além disso, durante uma partida de rúgbi em cadeira de rodas, os lesados medulares devem aumentar a demanda ventilatória, como os músculos acessórios da respiração estão íntegros, podem recrutá-los para auxiliar no movimento. Os músculos acessórios da respiração como esternocleidomastoideos, escalenos, peitoral tem origem em região cervical e inserção em pontos superiores da caixa torácica (Gray,1918). Alguns trabalhos citam que nos tetraplégicos, podem ocorrer adaptações de musculaturas intactas como a contração dos músculos dos pescoço e cintura escapular, para melhorar a vantagem mecânica podendo exercer mudanças na forma do tórax, auxiliando a ventilação (Baydur, Adkins e Milic-Emili, 2001; Winslow e Rozovsky, 2003), sugerindo que a prática de rúgbi nessa população levou a mudança na mobilidade do compartimento TS, por maior uso de musculaturas intactas de cintura escapular e acessórios da respiração.

2.5 Conclusão

Os resultados deste estudo mostraram que a análise cinemática tridimensional da movimentação da caixa torácica, foi capaz de identificar o comportamento das variações de movimento em diferentes regiões do tronco em indivíduos tetraplégicos. Em capacidade vital, comparado ao grupo sem lesão medular os lesados medulares tem uma menor mobilidade nos compartimentos do TS, TI e AS. Na comparação intra-grupo, os indivíduos tetraplégicos analisados apresentaram uma maior mobilidade do compartimento do AI comparada ao compartimento do TS, sugerindo um padrão de respiração com predomínio de movimentação abdominal. Também, foi observado que o GL alterou o padrão de coordenação dos compartimentos, indicando que em situações de maiores esforços o grupo recrutou outras musculaturas para respirar. A análise do grupo de lesados medulares pré e pós treinamento em rúgbi em cadeira de rodas, mostrou que a prática de rúgbi levou a mudança na movimentação relativa do compartimento TS, por maior uso de musculaturas intactas de cintura escapular e acessórias da respiração.

O estudo poderia ser melhor explorado se tivéssemos recrutado um número maior de voluntários tetraplégicos e conseguido separar um grupo de tetraplégicos sedentários, contudo esses fatos não são incomuns considerando a população estudada.

Capítulo 3- Comparação entre o método de análise cinemática da respiração e o método espirométrico

3.1 Introdução

Nos capítulos anteriores estudou-se o comportamento da respiração em tetraplégicos e a influência do treinamento físico através de esporte adaptado sobre a função pulmonar dessa população, utilizando para a análise duas metodologias distintas: a espirometria e a análise cinemática da respiração.

A espirometria foi escolhida por ser um método consolidado e amplamente utilizado para avaliar a capacidade respiratória pulmonar, quantificando o ar que entra e sai dos pulmões através de medidas de volumes, capacidade e fluxos respiratórios em função do tempo (Pereira, 2002).

Considerando que a respiração é fenômeno complexo, uma análise mais detalhada das variações de volume em diferentes partes do tronco poderia proporcionar novas possibilidades para uma melhor compreensão, permitindo, verificar qual região do tronco é a mais utilizada durante a respiração, se existe sincronia na movimentação entre os diferentes compartimentos do tronco, além da possibilidade de relacionar os compartimentos do tronco com a ação muscular (Ferrigno et al., 1994; Lanini et al., 2003; Sarro et al., 2008). Nesse sentido foi escolhida a análise cinemática da respiração, por ser capaz de fornecer os dados descritos acima, quantificando a variação de volume do tronco em função do tempo.

Sabendo que a espirometria mede volume em função do tempo, através da medida de volume de ar trocado durante respiração e a análise cinemática mede volume em função do tempo pela variação de movimento do tronco, comparou-se os valores obtidos por cada método. A comparação entre os métodos teve como intuito verificar as similaridades e diferenças entre variação do volume do tronco através da metodologia de análise cinemática da respiração e o volume de ar trocado através da metodologia de espirometria, realizando uma coleta de dados utilizando-se os dois métodos simultaneamente.

3.2 Método

3.2.1 Sujeitos

Participaram do estudo oito voluntários do sexo masculino, tetraplégicos com nível de lesão C5 a C7, com idade média de 25.8 ± 6.10 anos, estatura média de 178.1 ± 10.84 cm e massa corporal média de 68.3 ± 9.42 kg, praticantes regular de rúgbi em cadeira de rodas, sem relatos de doenças respiratórias e/ou cardiovasculares e não fumantes.

3.2.2 Procedimento experimental

As coletas de dados foram realizadas no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Faculdade de Educação Física da UNICAMP. O laboratório foi preparado para a realização dos dois experimentos concomitantes: análise cinemática da respiração e a espirometria. O posicionamento do espirômetro e das câmeras foi realizado de forma a permitir a execução dos dois procedimentos metodológicos simultâneos e estes foram feitos de acordo com as descrições apresentadas nos capítulos 1 e 2.

Os voluntários foram posicionados na postura sentada, utilizando-se uma cadeira adaptada, os braços permaneceram em abdução de aproximadamente 70° graus, os antebraços apoiados, joelhos e quadris a 90° graus com os pés apoiados no chão. Foram colocadas duas barras posteriores na cadeira para que os voluntários pudessem permanecer na posição sentada e usados rolos de espuma e velcron para manter os joelhos e pés posicionados na descrição acima. Um clipe nasal foi usado para evitar vazamento de ar pelas narinas e a boca foi acoplada devidamente ao bocal do espirômetro, evitando-se vazamento de ar.

O procedimento experimental constitui no registro simultâneo em vídeo e pelo espirômetro de quatro ciclos respiratórios com inspiração e expiração máximas em capacidade vital (CV).

O espirômetro utilizado para obtenção da curva de volume em CV foi o modelo Easy one™, ndd Medizintechnik AG, Zurich, Switzerland, e foi posicionado á frente do sujeito, fixo em um suporte. Para obtenção da curva de volume em função do tempo através da análise cinemática foram utilizadas seis câmeras de vídeo Basler -modelo A602fc, posicionadas ao redor dos voluntários.

3.2.3 Tratamento dos dados

Como as medidas de volume foram adquiridas através de dois sistemas diferentes, os dados foram tratados a fim de obter um sinal correspondente entre as medidas. Apesar dos dados terem sido coletados simultaneamente os dois sistemas não estavam sincronizados eletronicamente. Essa sincronização foi feita através de um evento comum no vídeo e também comparando as curvas de volume obtida pela cinemetria e espirometria manualmente. Então as seguintes etapas foram realizadas:

3.2.3.1 Transferência dos dados espirométricos

Para a obtenção da curva de volume em função do tempo medida pela espirometria, os dados do espirômetro foram exportados para o software MATLAB.

3.2.3.2 Eliminação do valor absoluto do tronco nos dados da cinemetria

A curva da variação de volume em função do tempo foi calculada através de uma rotina no software MATLAB, para a suavização das coordenadas tridimensionais utilizou-se o filtro digital *butterworth* de segunda ordem com frequência de corte de 0,33 Hz. Para que fosse possível comparar o volume de ar trocado com espirometria, o valor absoluto do volume do tronco deve ser eliminado dos dados do sistema. Então, a curva de volume total em função do tempo foi derivada a fim de eliminar-se a constante da função da curva (no caso o volume do tronco), como mostra a Figura 16.

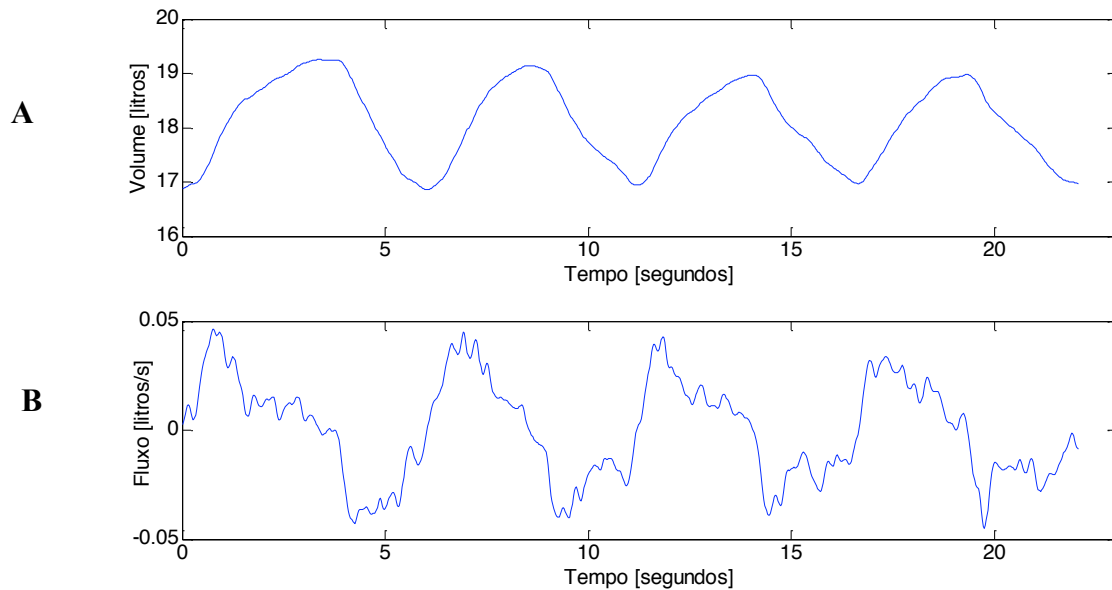


Figura 16. A) Curva da variação do volume do tronco em litros ao longo do tempo, medido pela cinematria e em B) a curva derivada em função do tempo a partir dos valores da curva de A).

Em seguida, a curva da variação do volume do tronco ser derivada em função do tempo foi feita a integral da curva em função do tempo a fim de obterem-se os valores de volume sem a influência do tamanho do tronco. Na Figura 17 estão a curva da variação de volume em função do tempo considerando o tamanho do tronco e a curva de variação do volume em função do tempo sem a constante do tronco (curva derivada e posteriormente integrada).

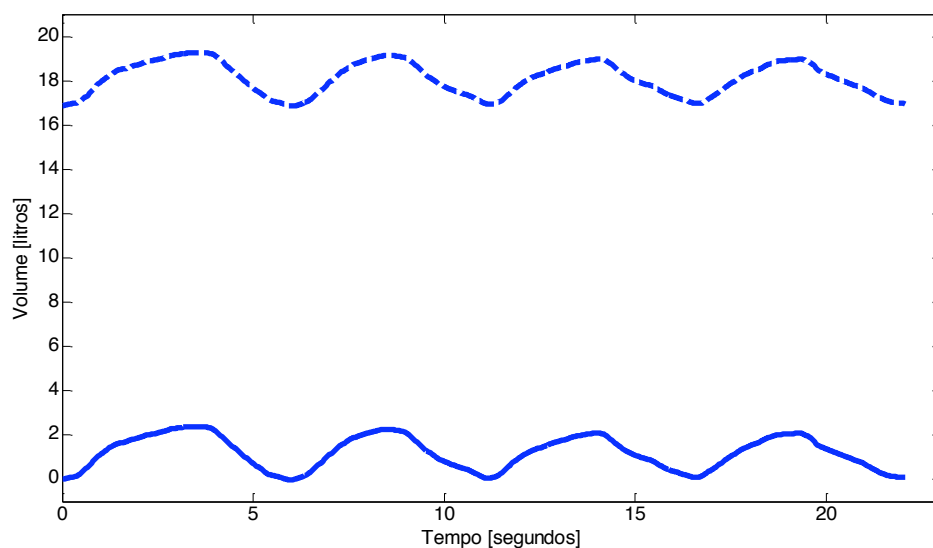


Figura 17. Curva da variação de volume em função do tempo considerando o tamanho do tronco, curva pontilhada, e curva de variação do volume em função do tempo sem a constante do tronco, curva derivada e após integrada, curva em linha contínua.

3.2.3.3 Ajuste da frequência de aquisição dos dados

Os dados da cinemetria foram coletados a uma frequência de 40Hz e os dados do espirômetro foram coletados a uma frequência de 16.6 Hz. Dessa forma, para um mesmo intervalo de tempo, a cinemetria produz uma quantidade maior de dados (como mostra a Figura 18), o que dificulta a comparação das duas curvas. Para solucionar este problema, na curva com menor frequência (espirometria) foi feita uma interpolação dos dados para que dessa forma apresente a mesma quantidade de dados que a curva de maior frequência (cinemetria), conforme a figura 19. Para isso, uma rotina foi implementada em ambiente MATLAB.

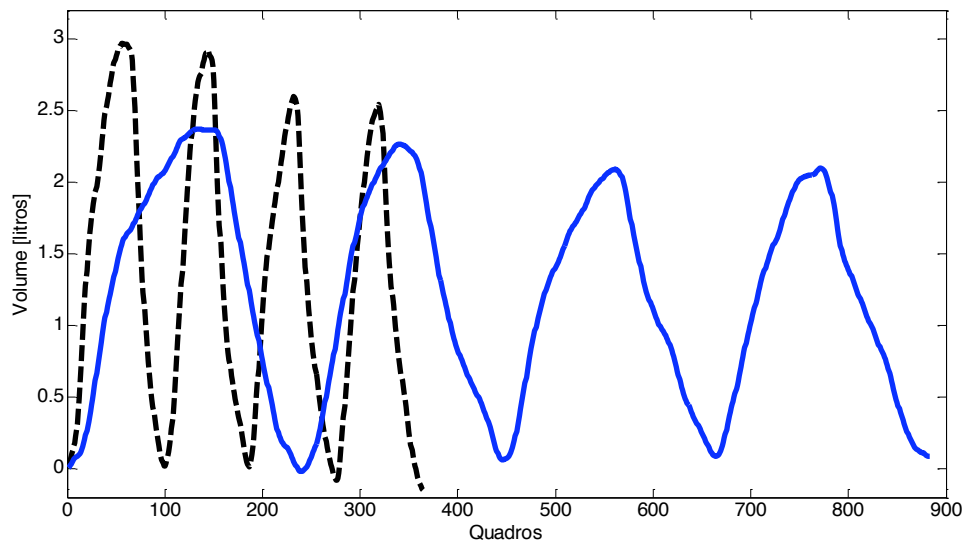


Figura 18. Curvas de volume em função do tempo em diferentes frequências, em azul, medida pela cinemetria, e em preto medida pela espirometria.

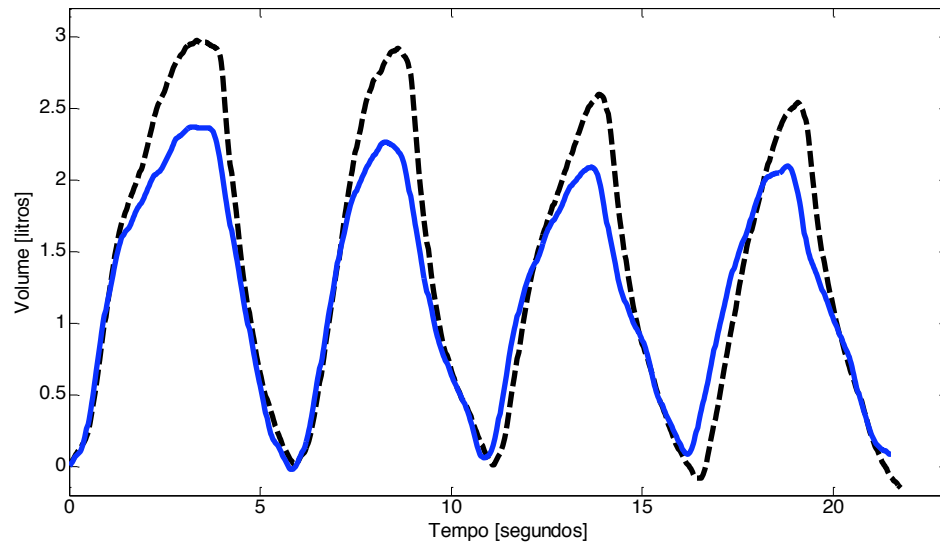


Figura 19. Curvas de volume em função do tempo medida pela cinematria, em azul, e medida pela espirometria, em preto, com a mesma frequência de aquisição.

3.2.3.4 Comparação entre curvas da espirometria e cinematria

Após os procedimentos descritos, realizou-se a comparação entre as duas curvas. Esta análise foi feita comparando-se os valores das curvas de volume em função do tempo dos quatro ciclos respiratórios separadamente. Para separar os ciclos, foi feito um corte a cada intervalo de pontos mínimo da curva de volume em função do tempo totalizando quatro ciclos, na curva de volume da cinematria e da espirometria, como mostra a Figura 20.

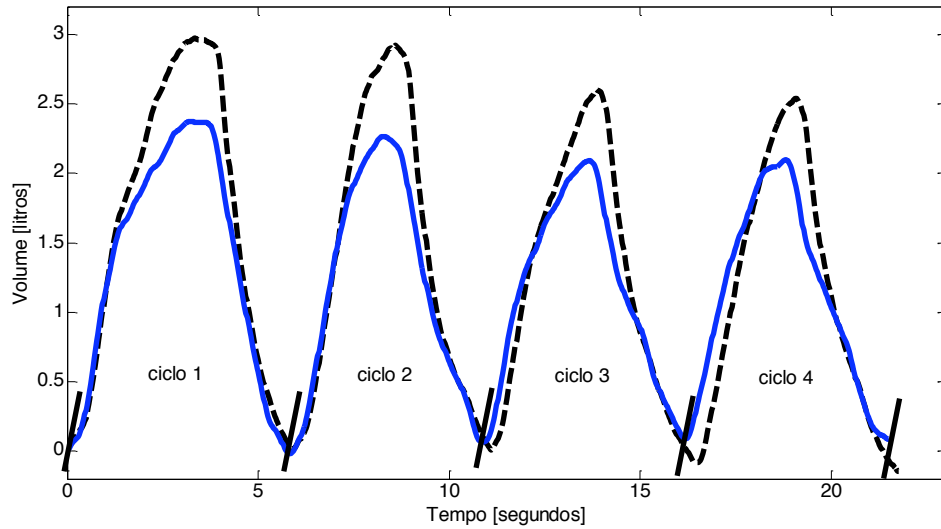


Figura 20. Ilustração do corte a cada intervalo de ponto mínimo da curva de volume em função do tempo, na curva de volume da cinematria, em azul e da espirometria, em preto, totalizando quatro ciclos respiratórios.

A Figura 21 mostra o exemplo de um ciclo respiratório em função do tempo medido pela cinematria e medido pela espirometria.

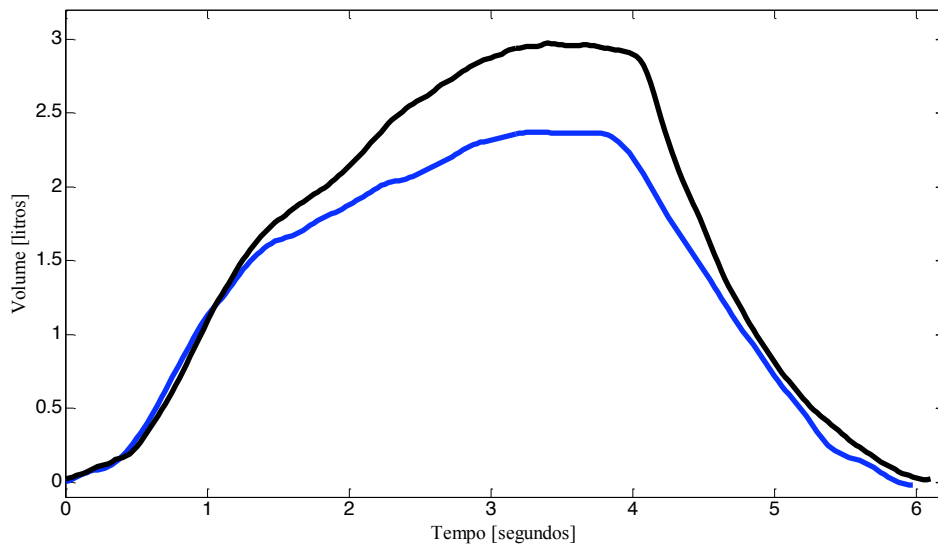


Figura 21. Curva de volume em função do tempo de um ciclo respiratório medido pela cinematria, em azul, e medido pela espirometria, em preto.

3.2.4 Análise dos dados

Para os dois métodos, foram analisadas de maneira descritiva as seguintes variáveis: as curvas de volume em função do tempo medidas pelos dois métodos, os valores médios e de desvio-padrão para os quatro ciclos respiratório, os valores da amplitude máxima dos quatro ciclos respiratórios, diferença entre as amplitudes máximas de cada metodologia e percentual médio da diferença dos valores máximos de volume dos quatro ciclos respiratórios. Também foram aplicadas a análise de correlação de Pearson entre os valores das curvas de volume medido pela espirometria e os valores das curvas de volume medido pela cinemetria.

3.3 Resultados

Na Figura 22 estão as curvas de volume em função do tempo em quatro ciclo respiratórios, nos dois métodos dos oito voluntários. A partir das figuras, observa-se que a curva de volume da espirometria apresenta maiores valores de volume para todos os sujeitos. Observa uma subestimação dos valores curva de volume em função do tempo obtidos pela cinemetria comparada espirometria em todos os sujeitos, com uma tendência maior nos voluntários 3,5,7 e 8.

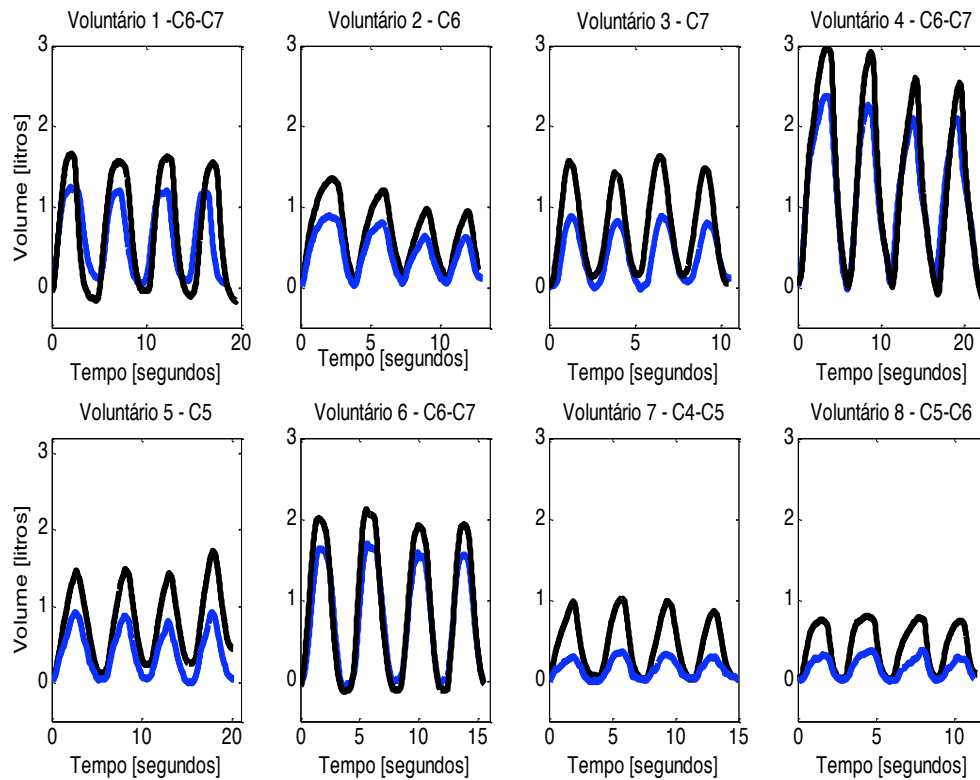


Figura 22 Curvas de volume em função do tempo em quatro ciclo respiratórios em capacidade vital, medidas pela espirometria (em preto), e pela cinemetry (em azul), dos oito voluntários juntamente com o nível de lesão.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores em litros das amplitudes máximas de quatro ciclos respiratórios para cada voluntário, medidos pela espirometria e cinemetry, bem como as médias e desvios-padrão do grupo.

Tabela 6. Valores em litros das amplitudes máximas de quatro ciclos respiratórios medido pela espirometria e cinemetria, média e desvio-padrão dos 8 voluntários analisados.

Voluntários	Amplitude máxima do ciclo 1 (litros)		Amplitude máxima do ciclo 2 (litros)		Amplitude máxima do ciclo 3 (litros)		Amplitude máxima do ciclo 4 (litros)	
	espirometria	cinemetria	espirometria	cinemetria	espirometria	cinemetria	espirometria	cinemetria
1	1.66	1.24	1.56	1.20	1.62	1.20	1.54	1.17
2	1.35	0.89	1.20	0.80	0.97	0.63	0.94	0.62
3	1.56	0.88	1.42	0.81	1.63	0.88	1.47	0.80
4	2.96	2.36	2.90	2.26	2.60	2.09	2.54	2.10
5	1.46	0.92	1.48	0.87	1.43	0.80	1.72	0.93
6	1.99	1.64	2.08	1.69	1.90	1.58	1.92	1.56
7	0.97	0.29	1.01	0.36	0.98	0.33	0.85	0.29
8	0.75	0.32	0.80	0.37	0.78	0.37	0.74	0.29
média	1.59	1.07	1.56	1.05	1.49	0.98	1.46	0.97
desvio-padrão	±0.67	±0.68	±0.66	±0.65	±0.59	±0.61	±0.61	±0.62

Observa-se que os valores medidos através da espirometria foram maiores do que os medidos pela cinemetria em todos os voluntários analisados.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores da diferença em litros dos valores máximos da curva de volume em função do tempo da espirometria e da cinemetria em quatro ciclos respiratório, percentual médio da diferença dos valores máximos de volume dos quatro ciclos respiratórios, juntamente com valores de média e de desvio-padrão.

Tabela 7. Valores da diferença em litros dos valores máximos da curva de volume em função do tempo da espirometria e da cinemetria em quatro ciclos respiratório, percentual médio da diferença dos valores máximos de volume dos quatro ciclos respiratórios, juntamente com valores de média e desvio-padrão dos oito voluntários.

Voluntários	ciclo1 (litros)	ciclo2 (litros)	ciclo3 (litros)	ciclo4 (litros)	Média±DP (litros)	Diferença percentual pela média dos ciclos (%)
1	0.42	0.36	0.42	0.37	0.39 ±0.03	25.4
2	0.46	0.40	0.34	0.32	0.38 ±0.06	34.7
3	0.68	0.61	0.75	0.67	0.67±0.06	45.9
4	0.60	0.64	0.51	0.44	0.54±0.09	20.5
5	0.54	0.61	0.63	0.79	0.64±0.11	39.7
6	0.35	0.39	0.32	0.36	0.35±0.03	17.5
7	0.68	0.65	0.65	0.56	0.63±0.05	69.3
8	0.43	0.43	0.41	0.45	0.43±0.02	54.8
Médiatotal±DP	0.52±0.12	0.51±0.12	0.50± 0.15	0.50± 0.16	0.50± 0.06	38.4± 17.1

Os valores da diferença entre a medida feita por espirometria e a medida feita por cinemetria em quatro ciclos respiratórios variaram de 0.32 litros a 0.79 litros, e em percentual a diferença média entre ciclos representou uma variação de 17.5% à 69.5%.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores de correlação entre as curvas de volume em função do tempo, para os dois métodos, nos quatro ciclos respiratórios.

Tabela 8. Valores de correlação entre as curvas de volume em função do tempo medidas pela espirometria e cinemetria em quatro ciclos respiratório de oitos voluntários.

Voluntários	ciclo1	ciclo2	ciclo3	ciclo4	Média± DP
1	0.87	0.80	0.84	0.72	0.81± 0.06
2	1.00	1.00	0.92	0.98	0.97± 0.03
3	0.96	0.98	0.95	0.97	0.96±0.02
4	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99±0
5	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99±0
6	0.96	0.87	0.98	0.97	0.95±0.05
7	0.99	0.91	0.98	0.97	0.96±0.04
8	0.99	0.98	0.78	0.98	0.93±0.10

Observamos um alto valor de correlação para todos os voluntários nos quatro ciclos analisados, mostrando que existe uma correlação positiva entre as metodologias comparadas.

3.4 Discussão

Pela análise de correlação e análise visual das curvas, observamos que o comportamento das curvas de volume em função do tempo obtidos com a cinemetria concorda em fase com comportamento das curvas de volume em função do tempo obtidos com a espirometria. Contudo, os valores máximos do volume do tronco calculados pela análise cinemática mostram uma tendência a serem inferiores aos valores de volumes obtidos com a espirometria, sugerindo que os volumes medidos pela análise cinemática subestimaram os volumes medido pela espirometria. Os resultados encontrados corroboram com os trabalho de Loula et al., 2004 que comparou os dois métodos analisando cinco ciclos respiratórios de um sujeito saudável e encontrou uma diferença média de 0.38 litros por ciclo da cinemetria para a espirometria e um valor de correlação de 0.99 $p < 0.05$.

Em outro trabalho Cala et al (1996), buscou-se identificar quais eram os fatores que poderiam explicar a subestimação dos valores de volume da cinemetria, comparado aos de espirometria. Um dos fatores discutidos foi a quantidade de marcadores utilizados durante a cinemetria. Para que fosse possível uma alto valor de correlação e precisão entre os valores medidos, os autores utilizaram um numero bem maior de marcadores, ao invés de utilizarem 32 passaram a utilizar 86, com um maior número de marcadores principalmente na região de abdome inferior e nas laterais do tronco. Esse protocolo utiliza um modelo de marcação organizado em formato de circunferência ao invés de cúbico.

A quantidade de marcadores utilizados para construir o modelo de representação do tronco e a maneira como esses marcadores foram posicionados podem ter influenciado no resultado de subestimação do volume da cinemetria comparado ao da espirometria encontrado nesse estudo, já que o modelo de marcação utilizado nesse estudo possuía 30 marcadores para a representação do tronco, conforme Loula et al. 2004, que se basearam no modelo de Ferrigno et al., 1994.

È importante ressaltar que as metodologias estudadas não medem a mesma coisa, a espirometria mede o volume de entrada e saída de ar nos pulmões, e com a análise cinemática

obtém-se a variação de volume no tronco durante a ventilação, sendo que as variações de pressão interna ao tronco, a complacência dos pulmões e possíveis alterações de volume dos órgãos abdominais durante a ventilação, podem ter influência na diferença entre os volumes medidos por essas duas metodologias, embora sejam altamente correlacionados.

Além disso, deve ser considerado que os voluntários analisados eram tetraplégicos e, dentre as diversas alterações associadas a esse grupo, estão a rigidez de caixa torácica, fraqueza de musculatura inspiratória, ausência de musculatura expiratória e alterações na complacência pulmonar (Hopman et al 1997, Linn et al 2001), o que também pode ter influenciado nas diferenças entre as duas metodologias. Observando as curvas de volume dos oitos voluntários verifica-se que existe uma tendência dos voluntários com lesão mais alta apresentarem maiores diferenças de volume entre as metodologia, o que poderia ser explicado que quanto mais alta a lesão maior o comprometimento de musculatura inspiratória (Winslow and Rozovsky, 2003), levando a uma diminuição de mobilidade no tronco desses indivíduos.

3.5 Conclusão

O presente estudo identificou que a correlação entre os dois volumes medidos foi bastante alta, reforçando a confiança nas medidas realizadas, porém é importante salientar que os dois métodos estudados medem volumes de formas diferentes, sendo assim os seus valores absolutos podem diferir.

O modelo a análise cinemática da respiração mostrou-se um método útil para quantificar informações de mobilidade tóracoabdominal, comportamento de diferentes regiões do tronco, contudo ainda não pode ser usado como medida direta de volume de ar trocado, já que o modelo utilizado para análise cinemática subestimou as medidas de volume feitas com espirômetro nos ponto máximos da curva de volume.

Seria interessante repetir a comparação entre as duas metodologias com indivíduos normais, verificando se a subestimação do valores máximos de volume encontrado vem da população analisada ou do modelo de representação. Além de repetir a comparação utilizando diferentes modelos de representação do tronco, aumentando número de marcadores principalmente na região abdominal, observando se a maior quantidade de marcadores levará a um resultado similar entre as duas medidas de volume.

Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivos verificar se após um ano de treinamento haveria mudança na função pulmonar e na mobilidade do tronco de lesados medulares praticantes de rúgbi em cadeira de rodas, estudar o comportamento da mobilidade tóracoabdominal em tetraplégicos e comparar as metodologias de espirometria com a análise cinemática da respiração.

Os resultados do primeiro capítulo mostraram que tetraplégicos apresentam valores de função pulmonar abaixo dos valores preditos para a população saudável e que um ano de treinamento regular de rúgbi em cadeira de rodas, pode melhorar a função pulmonar dos voluntários analisados.

Nesse primeiro trabalho foi possível estudar o comportamento da função pulmonar de tetraplégicos praticantes de atividade física regular, contudo questionamentos surgiram: Como é o padrão de movimento respiratório de indivíduos tetraplégicos? Existem diferenças no padrão respiratório desses indivíduos quando uma respiração máxima é exigida? Após um período de exercícios/ou prática esportiva haverá mudança no tipo de respiração?

Buscando responder a questão sobre a movimentação tóracoabdominal em tetraplégicos, o segundo capítulo teve como objetivo analisar a mobilidade tóracoabdominal de sujeitos com lesão medular comparando com indivíduos normais, através da análise cinemática tridimensional. Neste estudo, identificou-se o comportamento das variações de movimento em quatro diferentes regiões do tronco de indivíduos tetraplégicos em capacidade vital e volume corrente. Os resultados mostraram que em capacidade vital, os lesados medulares tem menor movimentação dos compartimentos torácicos comparado ao grupo sem lesão medular e apresentam uma maior participação da região abdômen inferior durante esse tipo de respiração. Os lesados medulares analisados alteraram o padrão de coordenação dos compartimentos do volume corrente para capacidade vital, indicando que em situações de maiores esforços o grupo recrutou mais musculaturas para otimizar a respiração. Além disso, a análise do grupo de lesados medulares antes e depois de treinamento em rúgbi em cadeira de rodas, mostrou que a prática de rúgbi levou a mudança na mobilidade do compartimento do TS, por maior uso de musculaturas intactas de cintura escapular e acessórias da respiração.

Na comparação entre os métodos de espirometria com a análise cinemática da respiração foi identificado uma alta correlação entre as medidas de volume feita pela espirometria e

cinemetria, porém nos valores máximos de volume a medida realizada pela cinemetria apresentou valores inferiores ao medidos pela espirometria. Como estudos futuros seria interessante que a comparação da metodologia fosse reproduzida em uma população de indivíduos normais e que a análise cinemática fosse feita refeita com modelos de representação do tronco com diferentes quantidades de marcadores.

Estas considerações são importantes para o fomento da prática de atividades físicas e esportivas como um complemento à fisioterapia tradicional, servindo como um meio de promoção da saúde para essa população.

Tivemos como limitação do estudo a dificuldade em conseguir amostras maiores de tetraplégicos, concordando com outros trabalhos que estudam essa população e apresentam amostras pequenas e heterogêneas.

Referências

- Abel, T., et al. Energy expenditure in ball games for wheelchair users. Spinal Cord, v.46, n.12, p.785-790. 2008.
- Aito, S. Complications during the acute phase of traumatic spinal cord lesions. Spinal Cord, v.41, n.11, Nov, p.629-35. 2003.
- Aliverti, A., et al. Human respiratory muscle actions and control during exercise. J Appl Physiol, v.83, n.4, Oct, p.1256-69. 1997.
- Baydur, A., Adkins, R. H. e Milic-Emili, J. Lung mechanics in individuals with spinal cord injury: effects of injury level and posture. J Appl Physiol v.90, n.2, Feb, p.405-11. 2001.
- Bodin, P., et al. Breathing patterns during breathing exercises in persons with tetraplegia. Spinal Cord, v.41, n.5, May, p.290-5. 2003.
- Bougenot, M. P., et al. Effects of a wheelchair ergometer training programme on spinal cord-injured persons. Spinal Cord, v.41, n.8, p.451-456. 0000.
- Brown, R., et al. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. Respir Care, v.51, n.8, Aug, p.853-68;discussion 869-70. 2006.
- Cala, S. J., Kenyon, C. M., Ferrigno, G.,Carnevali, P. , Aliverti, a, Pedotti, a, Macklem, P. T. And Rochester, D. F. Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis. Journal of Applied Physiology, v.81, n.6, p.2680-2689. 1996.
- Carter, R. E. Respiratory aspects of spinal cord injury management. Paraplegia, v.25, n.3, p.262-6. 1987.
- Celli, B., Criner, G. e Rassulo, J. Ventilatory muscle recruitment during unsupported arm exercise in normal subjects. Journal of Applied Physiology, v.64, n.5, May 1, 1988, p.1936-1941. 1988.
- Clark, J. M., Hagerman, F. C. e Gelfand, R. Breathing patterns during submaximal and maximal exercise in elite oarsmen. J Appl Physiol, v.55, n.2, Aug, p.440-6. 1983.
- Dallmeijer, A. J. e Van Der Woude, L. H. Health related functional status in men with spinal cord injury: relationship with lesion level and endurance capacity. Spinal Cord, v.39, n.11, Nov, p.577-83. 2001.
- De Troyer, A. [Respiration mechanics in tetraplegia]. Bull Mem Acad R Med Belg, v.152, n.1, p.91-7; discussion 97-9. 1997.

De Troyer, A., Estenne, M. e Heilporn, A. Mechanism of active expiration in tetraplegic subjects. N Engl J Med, v.314, n.12, Mar 20, p.740-4. 1986.

De Troyer, A. e Heilporn, A. Respiratory mechanics in quadriplegia. The respiratory function of the intercostal muscles. Am Rev Respir Dis, v.122, n.4, Oct, p.591-600. 1980.

De Vivo, M. J., Stuart Krause, J. e Lammertse, D. P. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, v.80, n.11, p.1411-1419. 1999.

Derrickson J, C. N., Simpson N, Imle P.C. . A comparison of two breathing exercise programs for patients with quadriplegia. Physical Therapy, v.72, p.763-769. 1992.

Devivo, M. J., et al. Cause of Death for Patients With Spinal Cord Injuries. Arch Intern Med, v.149, n.8, August 1, 1989, p.1761-1766. 1989.

Duffield, D., Hart A. International Wheelchair Rugby Federation IWRF Classification. Third edition. Manual. 2008.

Estenne, M., Pinet, C. e De Troyer, A. Abdominal muscle strength in patients with tetraplegia. Am J Respir Crit Care Med v.161, n.3 Pt 1, Mar, p.707-12. 2000.

Ferrigno, G., et al. Three-dimensional optical analysis of chest wall motion. J Appl Physiol, v.77, n.3, Sep, p.1224-31. 1994.

Figuroa, P. J., Leite, N. J. e Barros, R. M. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. Comput Methods Programs Biomed, v.72, n.2, Oct, p.155-65. 2003.

Goldman, J. M., et al. Measurement of abdominal wall compliance in normal subjects and tetraplegic patients. Thorax, v.41, n.7, Jul, p.513-8. 1986.

Goosey-Tolfrey, V., Castle, P., Webborn, N. . Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. . Brazilian Journal Sports Medicine, v.40, p.684-687. 2006.

Gray, H. Anatomy of the human body., Philadelphia:Lea&Febiger. 1918.

Grimby, G., Bunn, J. e Mead, J. Relative contribution of rib cage and abdomen to ventilation during exercise. J Appl Physiol, v.24, n.2, Feb, p.159-66. 1968.

Gross, D., et al. The effect of training on strength and endurance of the diaphragm in quadriplegia. The American journal of medicine, v.68, n.1, p.27-35. 1980.

Haisma, J. A., et al. Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature. Spinal Cord v.44, n.11, Nov, p.642-52. 2006.

- Hansen, N. S., Forchheimer, M. P. P., Tate, D.G., Luera, G. M. A. Relationships among Community Reintegration, Coping Strategies, and Life Satisfaction in a Sample of Persons with Spinal Cord Injury. Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation, v.4, n.1, p.56-72. 1998.
- Hicks, A. L., et al. Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. Spinal Cord, v.41, n.1, Jan, p.34-43. 2003.
- Hopman, M. T., et al. Respiratory muscle strength and endurance in individuals with tetraplegia. Spinal Cord, v.35, n.2, Feb, p.104-8. 1997.
- Janssen, T. W., et al. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. J Rehabil Res Dev, v.39, n.1, Jan-Feb, p.29-39. 2002.
- Konno, K. e Mead, J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing. J Appl Physiol, v.22, n.3, Mar, p.407-22. 1967.
- Lake, F. R., Henderson, K., Briffa T, Openshaw, J and a W Musk. . Upper-limb and lower-limb exercise training in patients with chronic airflow obstruction. CHEST, v.97, n.5, May, p.1077-1-82. 1990.
- Lanini, B., et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. Am J Respir Crit Care Med, v.168, n.1, Jul 1, p.109-13. 2003.
- Liaw, M.-Y., et al. Resistive inspiratory muscle training: Its effectiveness in patients with acute complete cervical cord injury. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, v.81, n.6, p.752-756. 2000.
- Linn, W. S., et al. Forced vital capacity in two large outpatient populations with chronic spinal cord injury. Spinal Cord, v.39, n.5, May, p.263-8. 2001.
- Loula, C. M. A. Análise de volumes parciais do tronco durante a respiração por videogrametria Dissertação mestrado- Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas - Campinas, SP. 2005.
- Loula, C. M. A., Pachêco, A.L., Sarro, K.J and Barros R.M.L. Análise de volumes parciais do tronco durante a respiração por videogrametria. Brazilian Journal of Biomechanics, v.9, n.5, p.21-27. 2004.
- Loveridge, B., Sani, R. e Dubo, H. I. Breathing pattern adjustments during the first year following cervical spinal cord injury. Paraplegia, v.30, n.7, Jul, p.479-88. 1992.
- Mccool, F. D., et al. Changes in lung volume and rib cage configuration with abdominal binding in quadriplegia. J Appl Physiol v.60, n.4, Apr, p.1198-202. 1986.

- Mcgill, R., Tukey, J. W. A. . Variations of box plots. . The American Statistician, v.32, n.1, p.12-16. 1978.
- Morgan, M. D., et al. Contribution of the rib cage to breathing in tetraplegia. Thorax, v.40, n.8, Aug, p.613-7. 1985.
- Mortola, J. P. e Sant'ambrogio, G. Mechanics of breathing in tetraplegics. Am Rev Respir Dis, v.119, n.2 Pt 2, Feb, p.131-4. 1979.
- Mueller, G., Perret, C. e Spengler, C. M. Optimal intensity for respiratory muscle endurance training in patients with spinal cord injury. J Rehabil Medv.38, n.6, Nov, p.381-6. 2006.
- Muraki, S., et al. Multivariate analysis of factors influencing physical work capacity in wheelchair-dependent paraplegics with spinal cord injury. Eur J Appl Physiol, v.81, n.1-2, Jan, p.28-32. 2000.
- Noreau, L. e Shephard, R. J. Spinal cord injury, exercise and quality of life. Sports Med, v.20, n.4, Oct, p.226-50. 1995.
- Pereira, C. a. C. Diretrizes para testes de função pulmonar. J Pneumol, v.28, p.1-82. 2002.
- Pereira, C. a. D. C. S., Taeko ; Rodrigues, Sílvia Carla Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v.33, n.4. 2007.
- Roth, E. J., et al. Ventilatory function in cervical and high thoracic spinal cord injury. Relationship to level of injury and tone. Am J Phys Med Rehabil, v.76, n.4, Jul-Aug, p.262-7. 1997.
- Sarro, K. J. Proposição validação e aplicação de um novo método para análise da movimentação da caixa torácica durante a respiração. Tese doutorado -, Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas -Campinas-SP. 2007.
- Sarro, K. J., et al. Tracking of wheelchair rugby players in the 2008 Demolition Derby final. J Sports Sci, Jan 13, p.1-8. 2008.
- Sarro, K. J., et al. Proposition and evaluation of a novel method based on videogrammetry to measure three-dimensional rib motion during breathing. J Appl Biomech, v.25, n.3, Aug, p.247-52. 2009.
- Scelza, W. M., et al. Perceived Barriers to Exercise in People with Spinal Cord Injury. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, v.84, n.8, p.576-583. 2005.
- Schilero, G. J., et al. Pulmonary function and spinal cord injury. Respir Physiol Neurobiol, v.166, n.3, May 15, p.129-41. 2009.

Silvatti, A. P. Metodologia para análise cinemática de volumes respiratórios parciais de nadadores. Dissertação mestrado- Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas. 2009.

Sokal, R. R. a. F. J. R. Biometry : the principles and practice of statistics in biological research, Ed. 3rd ed. 1995.

Spornier, M. L., Grindle, G. G., Kelleher, A., Teodorski, E. E., Cooper, R., Cooper, R. A. . Quantification of activity during wheelchair basketball and rugby at the National Veterans Wheelchair Games: A pilot study. Prosthetist Orthotics International, v.33, n.3, september, p.210-217. 2009.

Stewart, M. W., et al. The measurement properties of fitness measures and health status for persons with spinal cord injuries. Arch Phys Med Rehabil, v.81, n.4, Apr, p.394-400. 2000.

Tomich, G. M., et al. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. Braz J Med Biol Res, v.40, n.10, Oct, p.1409-17. 2007.

Uijl, S. G., Houtman S., Folgering H.T.M., Hopman, M.T.E. . Training of the respiratory muscles in individuals with tetraplegia. . Spinal Cord v.37, p.575-579. 1999.

Urmei, W., et al. Upper and lower rib cage deformation during breathing in quadriplegics. J Appl Physiol, v.60, n.2, Feb, p.618-22. 1986.

Valent, L., et al. The effects of upper body exercise on the physical capacity of people with a spinal cord injury: a systematic review. Clin Rehabil, v.21, n.4, Apr, p.315-30. 2007.

Van Houtte, S., Vanlandewijck, Y. e Gosselink, R. Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: a systematic review. Respir Med v.100, n.11, Nov, p.1886-95. 2006.

Vanlandewijck, Y. Thompson, W. The Paralympic Athlete: Handbook of Sports Medicine and Science. John Wiley & Sons, chapter 2 -Biomechanics.2011.

Vogiatzis, I., et al. Respiratory kinematics by optoelectronic plethysmography during exercise in men and women. Eur J Appl Physiol, v.93, n.5-6, Mar, p.581-7. 2005.

Ward, M. E., Ward, J. W. e Macklem, P. T. Analysis of human chest wall motion using a two-compartment rib cage model. J Appl Physiol, v.72, n.4, Apr, p.1338-47. 1992.

Winslow, C. e Rozovsky, J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. Am J Phys Med Rehabil, v.82, n.10, Oct, p.803-14. 2003.

Zar, H. J. Biostatistical analysis, Ed. 4th ed. 1999.

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, portador do RG n° _____, residente à _____ n° _____, bairro _____

cidade de _____, Estado _____, Telefone n° _____ **declaro que aceitei participar da pesquisa intitulada** “Análise da movimentação da caixa torácica, dos volumes parciais do tronco e do desempenho em sujeitos com lesão medular praticantes de rugby de cadeira de rodas”, que tem como objetivo geral analisar movimentação da caixa torácica, os volumes parciais do tronco e o desempenho físico de lesados medulares praticantes de rugby de cadeira de rodas, **desenvolvida pela Fisioterapeuta Juliana Viana Paris CREFITO3 54884-F, no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, sob a orientação do professor doutor Ricardo Machado Leite de Barros.**

Nesta unidade fui devidamente informado que esta procedimento será realizado em dois momentos distintos, agora e daqui a um ano, e que:

1. serão colocados 60 marcadores afixados externamente na pele de maneira não invasiva, sem efeitos colaterais, não trazendo qualquer risco para a minha integridade física;
2. que contribuirei para a coleta adequada dos meus dados, estando ciente dos trajes a serem utilizados durante a pesquisa, mesmo que segmentos corporais apresentem-se expostos;
3. que as imagens obtidas durante da coleta serão exclusivamente utilizadas para análise e tratamento dos dados, pela própria pesquisadora com finalidade científica, sendo posteriormente eliminadas;
4. simultaneamente a filmagem será feita uma avaliação espirometrica sendo necessário o uso de um clipe nasal e um bocal, colocado externamente, para garantir que o ar durante as expirações sejam coletado para o aparelho, sem prejuízo para pessoa.
5. que a pesquisa é de caráter voluntário e poderei, a qualquer momento, retirar-me do pesquisa, sem que com isso venha ser prejudicado nos demais serviços realizados UNICAMP.
6. que receberei uma cópia deste termo de consentimento.

Campinas, SP, _____, de _____ de _____

Juliana Viana Paris

Juliana Viana Paris : (19) 32037989
Prof. Dr Ricardo Machado : (19) 3521 6626

Voluntário

Comitê de Ética em Pesquisa/FCM/UNICAMP
Tel: (19)3521 8936 cep@head.fcm.unicamp.br

Caixa Postal 6111 – CEP: 13083-970 – Campinas, SP.

ANEXO II

Na Tabela 9 estão descritas as equações de regressão, coeficiente de explicação(r^2) e limites inferiores para as variáveis de referência espirométrica na população brasileira do sexo masculino copiada das diretrizes de espirometria (Pereira, 2007).

Tabela 9- Equações de regressão, coeficiente de explicação(r^2) e limites inferiores para as variáveis espirométricas de referência na população brasileira do sexo masculino.

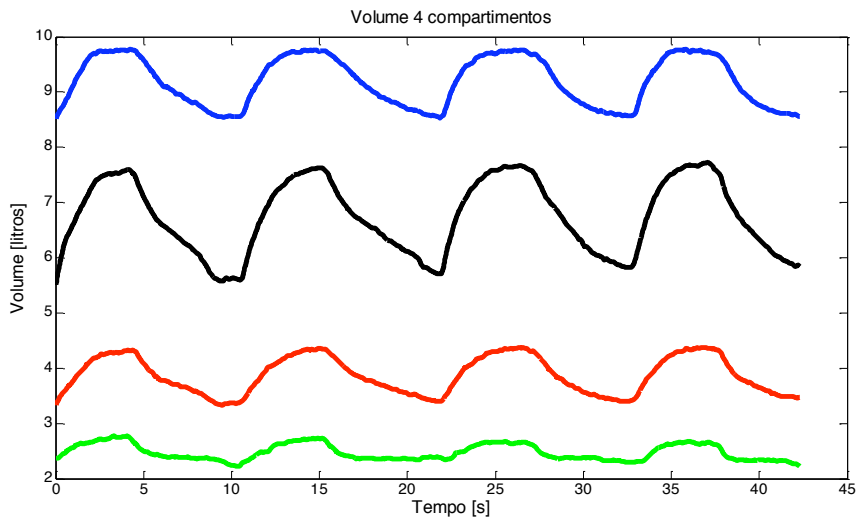
Sexo masculino, 26-86 anos, estatura 152-192 cm, raça branca (n = 270)							
Tipo equação	Coef. estatura	Coef. Idade	Coef. peso	Constante	r^2 ajustado	5º percentil Resíduo (abs.ou médio)	Limite inferior
Linear							
CVF (L)	0,0517	-0,0207	-	-3,18	0,50	0,90	P - 0,90
VEF ₆ (L)	0,0521	-0,0229	-	-3,179	0,53	0,87	P - 0,87
VEF ₁ (L)	0,0338	-0,0252	-	-0,789	0,56	0,76	P - 0,76
CVF (L)	0,0599	-0,0213	-0,0106	-3,748	0,52	0,91	P - 0,91
VEF ₆ (L)	0,0593	-0,0235	-0,00964	-3,655	0,54	0,89	P - 0,89
VEF ₁ (L)	0,0398	-0,0257	-0,0077	-1,201	0,56	0,76	P - 0,76
VEF ₁ /CVF (%)	-0,175	-0,197	-	120,3	0,24	7,6	P - 7,6
VEF ₁ /VEF ₆ (%)	-0,165	-0,151	-	117,1	0,18	6,9	P - 6,9
Logarítmicas							
PFE (L/s)	0,830	-0,114	-	-1,43	0,11	2,68	P × 0,76
FEF ₅₀ (L/s)	-	-0,529	-	3,55	0,24	1,84	P × 0,60
FEF ₇₅ (L/s)	-	-1,071	-	4,46	0,47	0,57	P × 0,60
FEF ₂₅₋₇₅ (L/s)	-	-0,687	-	3,93	0,34	1,50	P × 0,59
FEF ₇₅₋₈₅ (L/s)	-	-1,169	-	4,39	0,50	0,46	P × 0,58
FEF ₅₀ /CVF (%)	-1,827	-0,307	-	15,17	0,10	36%	P × 0,64
FEF ₇₅ /CVF (%)	-1,434	-0,828	-	13,99	0,33	28%	P × 0,59
FEF ₂₅₋₇₅ /CVF (%)	-1,609	-0,454	-	14,39	0,18	29%	P × 0,64
FEF ₇₅₋₈₅ /CVF (%)	-1,212	-0,923	-	12,76	0,37	8%	P × 0,58

Equações lineares: Estatura × coeficiente - idade × coeficiente - peso × coeficiente ± constante, Exemplo: CVF = estatura × 0,0599 - idade × 0,0213 - peso × 0,0106 - 3,748; Equações logarítmicas: log natural (log estatura × coeficiente - log idade × coeficiente ± constante), Exemplo: PFE = 2,7183(log n estatura × 0,83 - log n idade × 0,114 - 1,432); CVF: Capacidade Vital Forçada; VEF₆: volume expiratório forçado nos primeiros seis segundos; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; FEF_{25-75%}: fluxo expiratório forçado entre 25 e 75%; FEF₇₅₋₈₅: fluxo expiratório forçado entre 75 e 85% da CVF; PFE: Pico de Fluxo Expiratório; FEF_{50%}: fluxo expiratório forçado em 50% da CVF; FEF_{75%}: fluxo expiratório após 75% de expiração da CVF; P: Previsto.

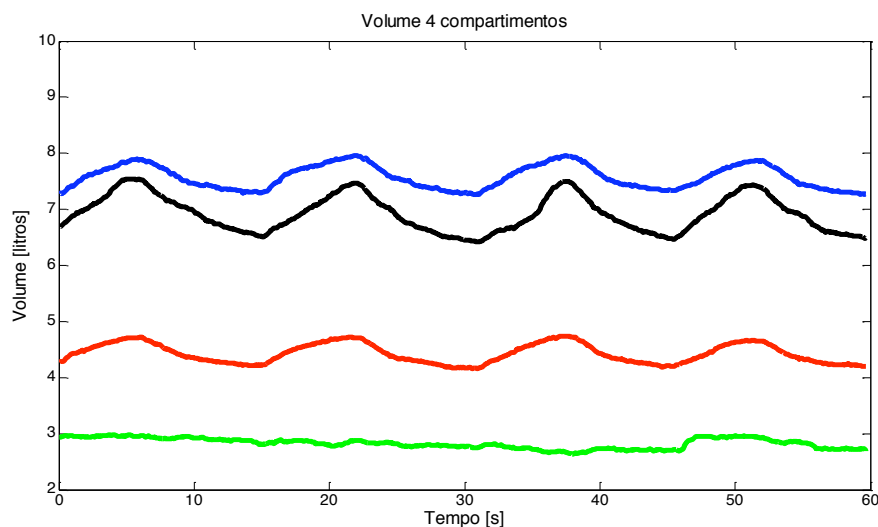
ANEXO III

Curvas de Capacidade vital dos 18 voluntários do grupo controle (1 ao 9) e do grupo de lesados medulares (10 ao 18) mostrando a variação dos volumes parciais no tórax superior (azul), tórax inferior (vermelho), abdome superior (preto), abdome inferior (verde) durante quatro ciclos em função do tempo.

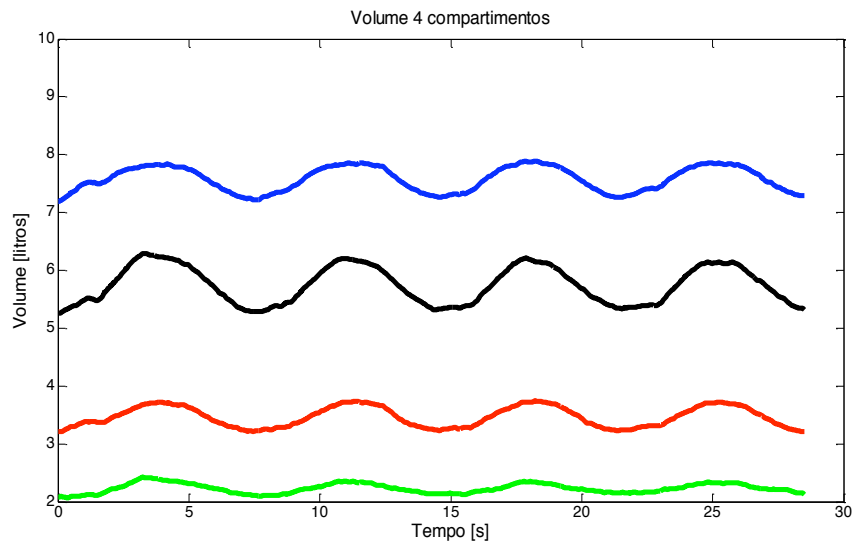
Voluntário 1 - grupo controle



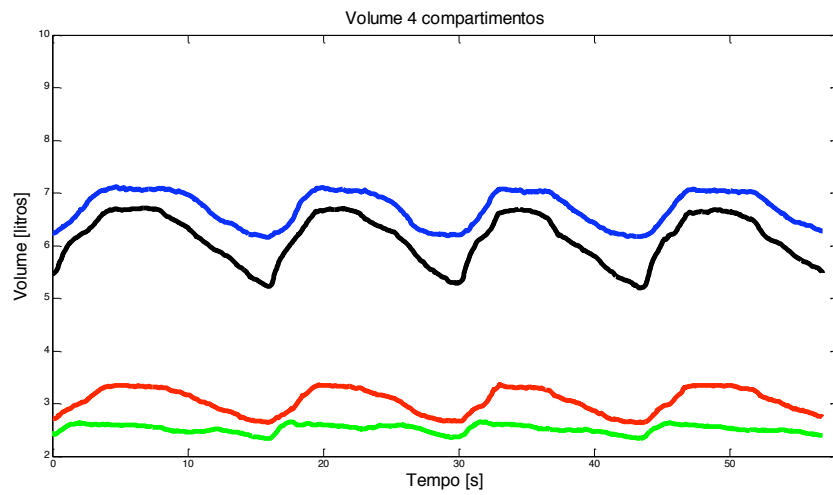
Voluntário 2 - grupo controle



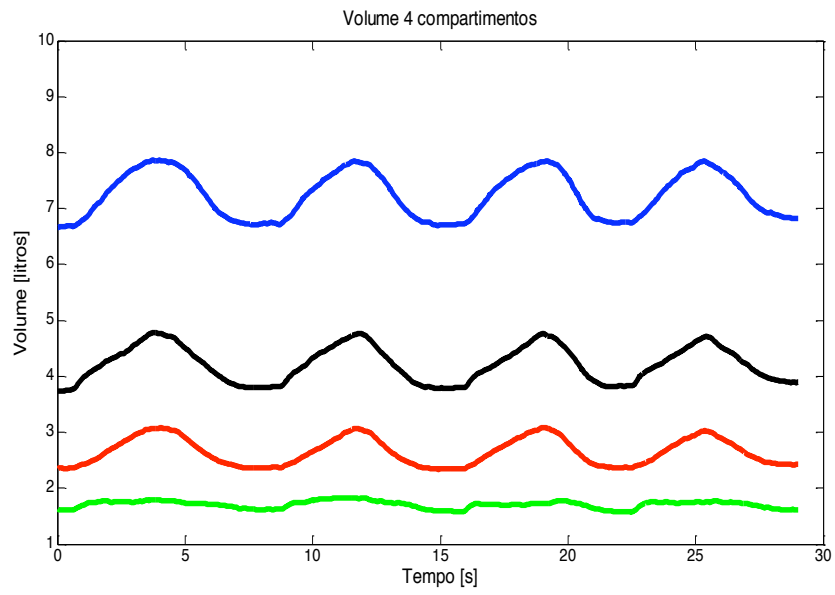
Voluntário 3 - grupo controle



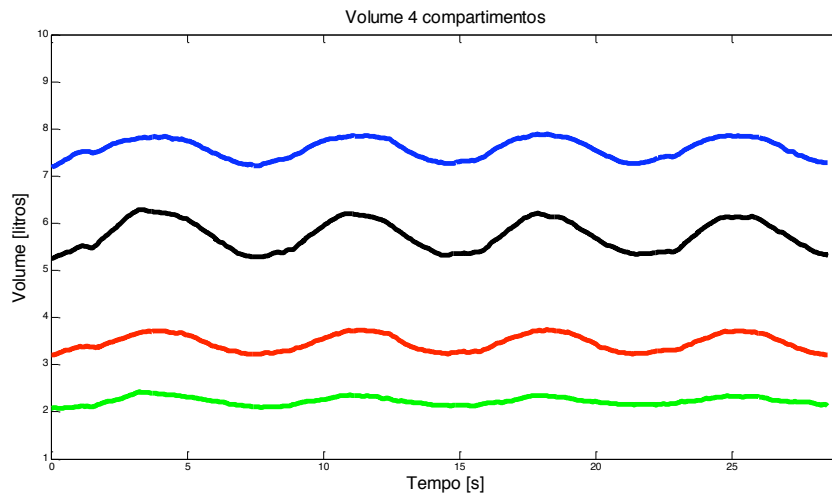
Voluntário 4 - grupo controle



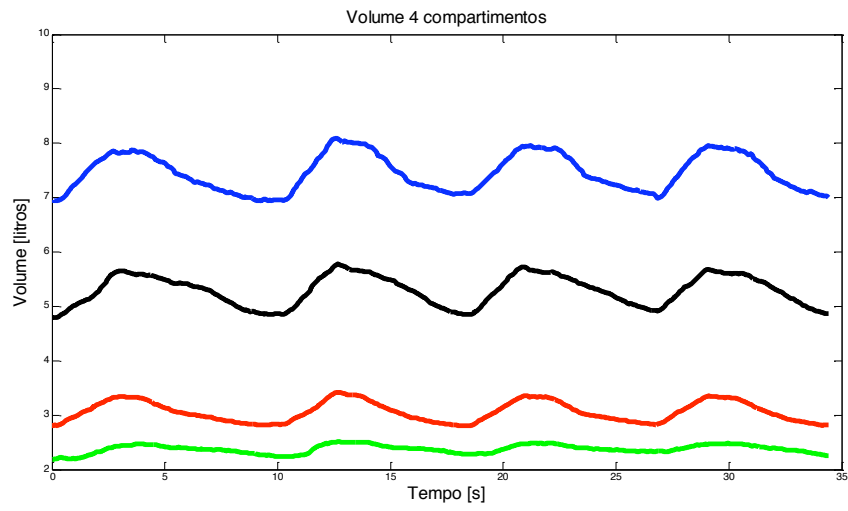
Voluntário 5 - grupo controle



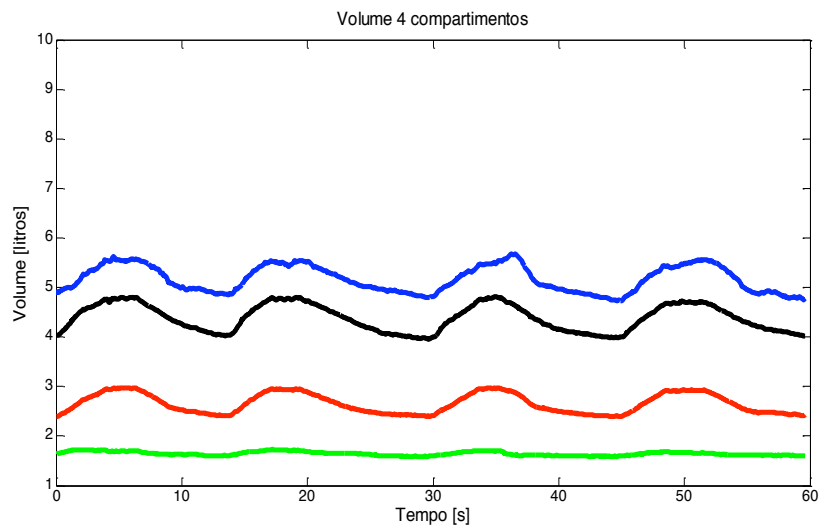
Voluntário 6 - grupo controle



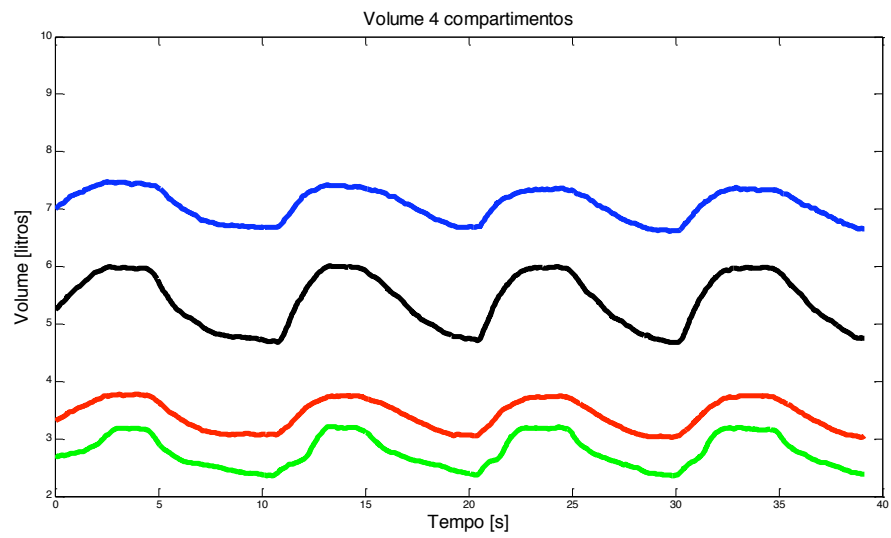
Voluntário 7 - grupo controle



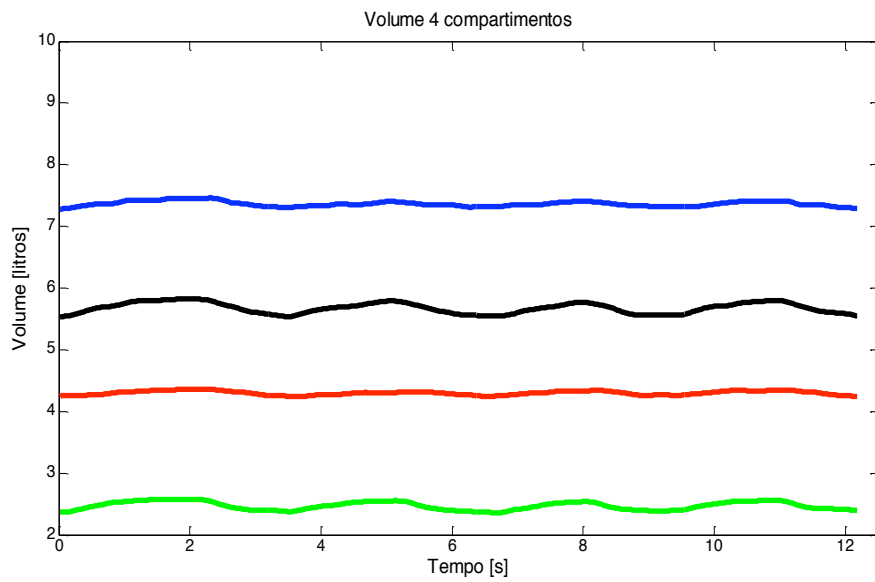
Voluntário 8 - grupo controle



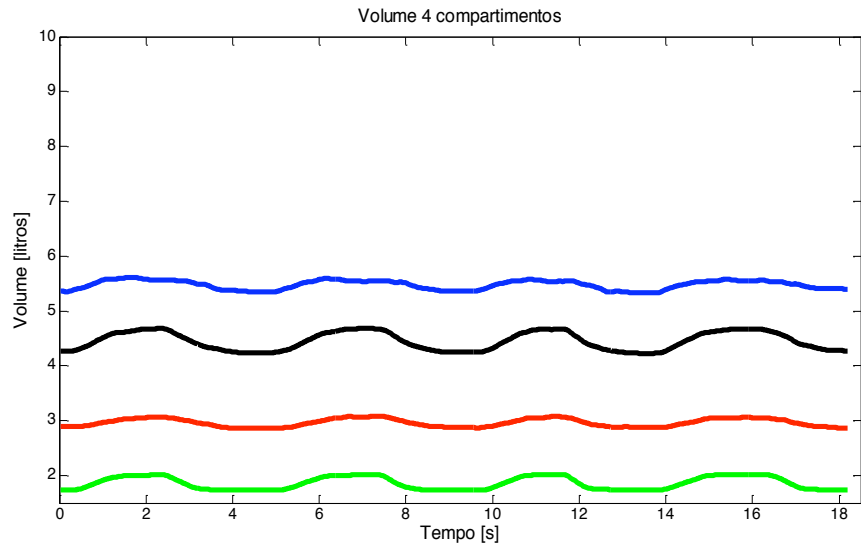
Voluntário 9 - grupo controle



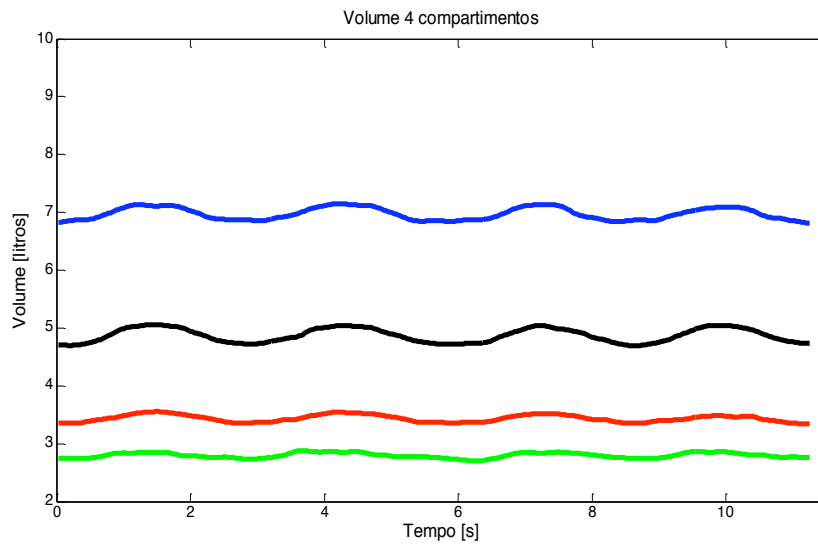
Voluntário 10 – grupo lesado medular



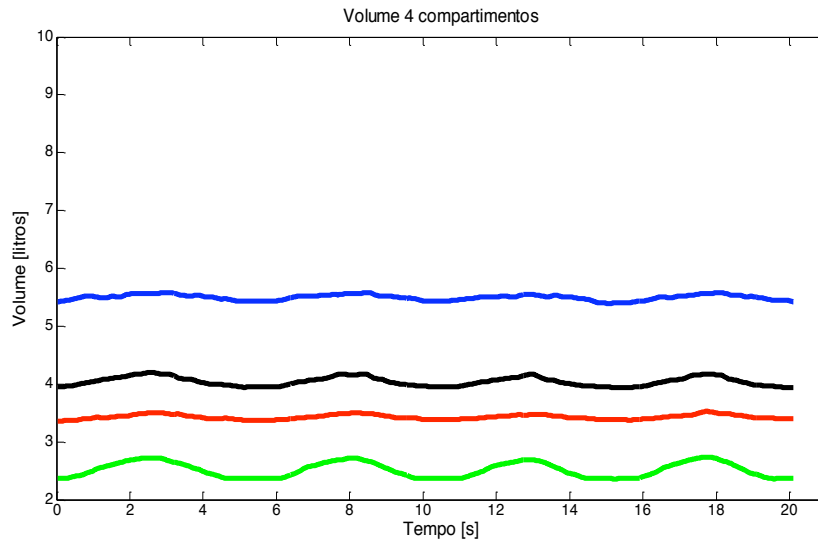
Voluntário 11 - grupo lesado medular



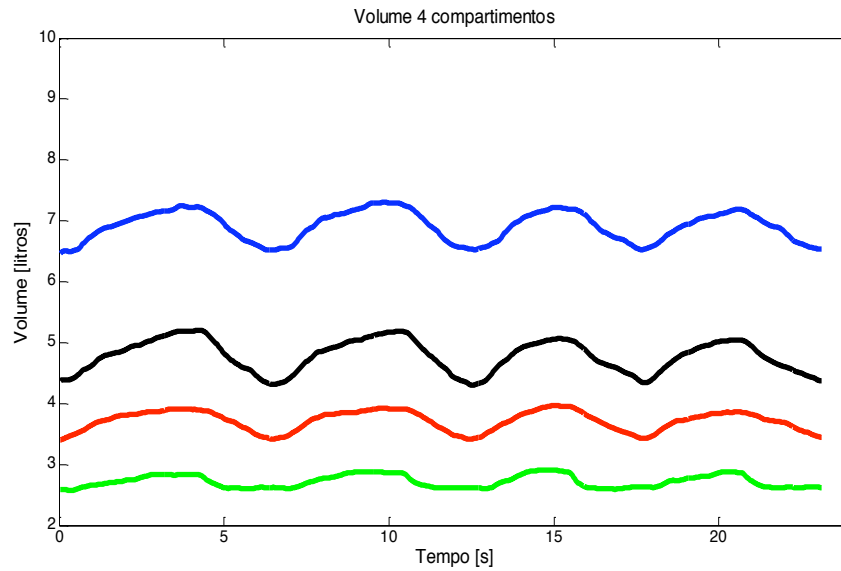
Voluntário 12 - grupo lesado medular



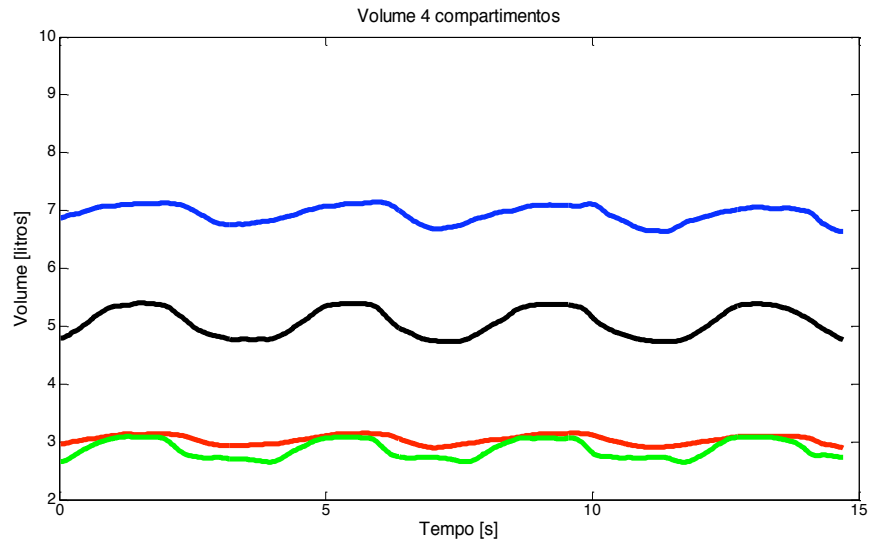
Voluntário 13 - grupo lesado medular



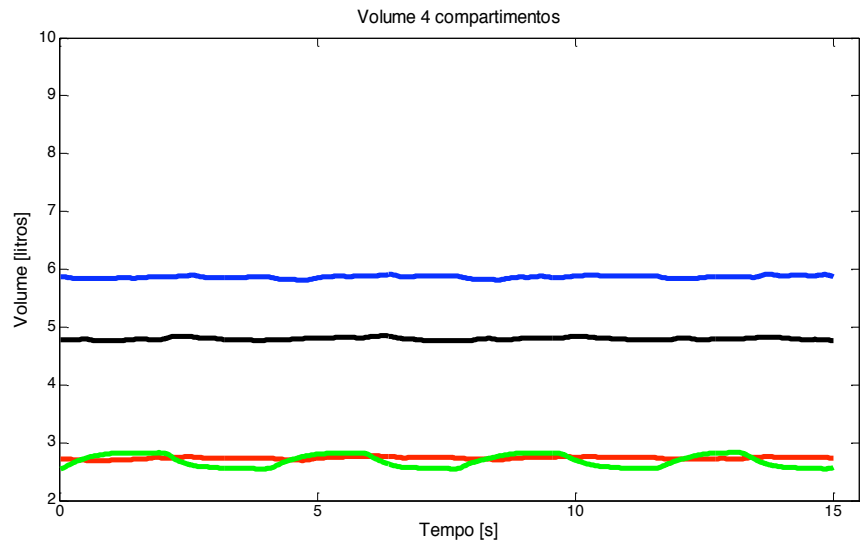
Voluntário 14 - grupo lesado medular



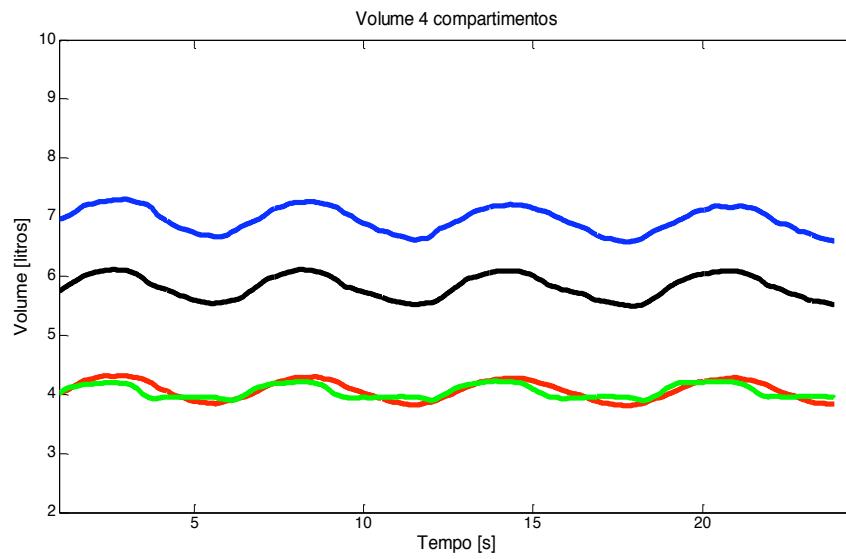
Voluntário 15 - grupo lesado medular



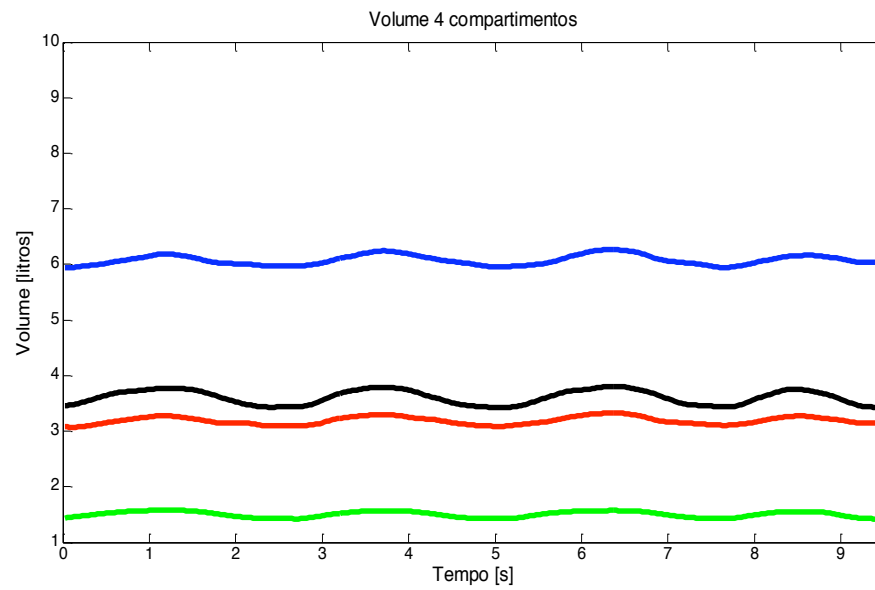
Voluntário 16 - grupo lesado medular



Voluntário 17 - grupo lesado medular



Voluntário 18 - grupo lesado medular



ANEXO IV

Trabalho apresentado oral no ISBS 2011

PARIS, J. V., SARRO, K. J., MORENO, M., SILVATTI, A. P., BARROS, R.M.L.

Chest wall kinematics of athletes with tetraplegia. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.* , v.11, p.1031 - 1033, 2011

CHEST WALL KINEMATICS OF ATHLETES WITH TETRAPLEGIA

Juliana Viana Paris¹, Karine Jacou Sarro², Marlene Moreno³,

Amanda Piaia Silvatti^{1,4} and Ricardo M. L. Barros¹

Faculty of Physical Education, University of Campinas, Campinas, Brazil¹ Federal University of Espírito Santo, UFES, Vitoria, Brazil². Faculty of Health Sciences - UNIMEP, Piracicaba, São Paulo, Brazil³. Biomedical Engineering Department - Politecnico di Milano, MI, Italy⁴

The purpose of this study was to analyze the 3D dimensional kinematics of the chest wall to describe the respiratory movement of tetraplegic athletes. Wheelchair rugby players were filmed during respiratory maneuvers. Markers were affixed to the trunk of the volunteers. From the 3D coordinates of markers, four compartmental volumes of the trunk were calculated. We analyzed the coefficient of variation of volumes in different compartments of the trunk for each subject, and the results were compared among the compartments. It was possible to verify the contribution of each compartment during respiration. The lower abdomen compartment had the highest average coefficient of variation.

The methodology was able to identify the volume variations of chest wall and can be efficient to evaluate the effects of sports on ventilatory mechanics of tetrapelgic.

KEY WORDS: kinematical analysis, quadriplegics, quad rugby

INTRODUCTION: Respiratory dysfunction is a common complication for people with high spinal cord injuries and there are many consequences arising from the changes in respiratory function of these individuals (Mueller et al, 2006). The regular practice of sports can be used to assist the improvement of the respiratory system in quadriplegics. (Dallmeijer, et al 2001). There are several ways to analyze the respiratory function, but there are few methodologies that enable the identification of patterns of thoracoabdominal motion during breathing. Considering that respiratory function may be a relevant indication to physical performance, it is of great importance to evaluate the changes of respiration through sport. The three-dimensional kinematic analysis of the chest wall allows analyzing the respiratory behavior, being possible to verify the involvement of the trunk compartments according to their volumetric changes, the contributions of different compartments and the interactions among them. This study aims to present the use of the kinematical analysis to describe the respiratory motion of four compartments of the trunk (superior thorax ,inferior thorax ,superior abdomen, and inferior abdomen) of tetraplegic athletes.

METHODS: A group of 8 male athletes with spinal cord injury level C4 to C7 was studied. The criteria of inclusion were time of lesion higher than 12 months, stable clinic condition, no smoking, absence of respiratory diseases or acute complication, training wheelchair rugby regularly. The volunteers remained sat on an adapted chair with shoulders abduction of 70° , forearms supported, 90° of knee and hip flexion and feet on the ground. Thirty spherical retroreflective markers (Ø 5mm) were fixed to the trunk of the subjects according to a model presented by Sarro et al (2008). The three-dimensional coordinates of the

markers were obtained with kinematical analysis system DVideo (Figuroa et al., 2003), with 6 digital gen-locked Basler cameras arranged around the subjects. They performed five breathing with maximum inspiration and expiration. The trunk was split in four compartments: superior thorax (ST), inferior thorax (IT), superior abdomen (SA), and inferior abdomen (IA). Each compartment was geometrically defined as the sum of two irregular dodecahedron with 8 vertices, defined by markers. From 3D marker coordinates, the partial volumes were calculated in function of time for each compartment. The coefficient of variation of the volume curve was used to represent the relative change in percentage of volume in each compartment over time. The coefficient of variation of the trunk volume was analyzed in different compartments for each subject and this value was compared among the four compartments. Considering that percentage does not show normal distribution, the coefficient of variation was normalized by arcsine transformation. To verify the difference among the compartments the ANOVA one way ($p < 0.05$) was used.

RESULTS AND DISCUSSION: Table 1 shows the mean values of total volume and volumes of each compartment, the coefficient of variation of each compartment, group mean and standard deviation..

Table 1: Mean volume of each compartment in liters (l), percentage of coefficient of variation of each compartment, and mean group and standard deviation in trunk compartments: superior thorax (ST), inferior thorax (IT), superior abdomen (SA), and inferior abdomen (IA) of tetraplegic athletes, n = 8.

Athletes	Total Volume (l)	ST(l)	%ST *	IT(l)	%IT	SA(l)	%SA	IA(l)	%IA*
1	14.77	5.48	1.73	2.97	2.40	4.46	3.57	1.86	5.98
2	19.83	7.37	0.71	4.30	0.98	5.69	1.70	2.47	2.79
3	18.15	6.99	1.54	3.46	2.06	4.90	2.63	2.79	1.40
4	15.47	5.50	0.83	3.43	1.11	4.04	1.86	2.51	4.98
5	18.14	6.91	3.51	3.72	4.25	4.78	5.48	2.72	3.79
6	17.93	6.96	2.33	3.05	2.78	5.07	4.86	2.86	5.54
7	15.27	4.97	0.51	3.19	0.87	4.57	0.32	2.54	4.44
8	20.11	7.89	0.55	3.69	0.47	4.75	1.20	3.78	1.63
		6.50±1.	1.46±1.	3.47±0.	1.86±1.	4.78±0.	2.70±1.	2.69±0.	3.81±1.
	17.45±2.6	4	5	3	6	8	0	3	3

* $p < .05$

The highest average coefficient of variation was found in the inferior abdomen and the smallest in superior thorax. The results of one-way ANOVA showed a significant difference ($p < 0.05$) between these 2 compartments. No significant differences were found when the other compartments were compared.

The results showed an increased motion of the compartments controlled by the diaphragm and a decreased motion of the compartment controlled by intercostals muscles. Considering that tetraplegics have a lack of action of intercostals and abdominal muscles and an intact diaphragm (Bodin et al., 2003), the highest abdominal motion observed could be caused by the descent action of the diaphragm against non active abdominal and intercostals muscles. Morgan et al. (1985) found an increase in abdominal motion in some tetraplegic patients after a period of recovery from the injury and suggest that this increment can be due to stiffening of the rib cage through joint stiffness, intercostal spasticity, and atrophy of the abdominal wall allowing the diaphragm to move more effectively.

CONCLUSION: The results showed that the methodology was able to identify variations of the partial volumes in different chest wall compartments in tetraplegic athletes. In the evaluated group there was a higher variation in the abdomen region and inferior thorax compared to the superior region of the thorax.