



UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

Efeito do exercício físico sobre variáveis cardiorrespiratórias de lesados
medulares

Antonio Roberto Zamunér

2011

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ANTONIO ROBERTO ZAMUNÉR

Efeito do exercício físico sobre variáveis cardiorrespiratórias de lesados medulares

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do Título de Mestre em Fisioterapia. Área de concentração: Intervenção fisioterapêutica. Linha de pesquisa: Processos de intervenções fisioterapêuticas nos sistemas cardiovascular, respiratório, muscular e metabólico.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marlene Aparecida Moreno

PIRACICABA
2011

Zamunér, Antonio Roberto.

Efeito do exercício físico sobre variáveis cardiorrespiratórias de lesados medulares / Antonio Roberto Zamunér. – Piracicaba, 2011.

63 f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Saúde – Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia / Universidade Metodista de Piracicaba.

Orientador: Profa Dra. Marlene Aparecida Moreno

1. Medula espinhal - Traumatismo. 2. Exercícios. 3. Testes de respiratória. 4. Sistema nervoso autônomo. I. Moreno, Marlene A
II. Título.

CDU: 613.72

Os membros da Banca Examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado de **ANTONIO ROBERTO ZAMUNÉR** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, em Sessão Pública realizada em Aos vinte e um dias do mês de fevereiro de 2011, consideraram o candidato aprovado.

BANCA EXAMINADORA:



Profa. Dra. Marlene Aparecida Moreno - UNIMEP



Profa. Dra. Rosana Macher Teodori - UNIMEP



Profa. Dra. Luciana Maria Malosa Sampaio Jorge - UNINOVE

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todos os voluntários que participaram desse estudo e que me ensinaram que as dificuldades só existem para serem superadas.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por possibilitar a realização de tantas conquistas e colocar em minha vida pessoas tão especiais que foram fundamentais para ser quem eu sou.

Aos meus pais e minha irmã, por todo incentivo e compreensão, pessoas essenciais na formação do meu caráter.

À Fernanda Assis Paes Habechian, pelo carinho, amizade e companheirismo, estando presente em todos os momentos sempre disposta a me ajudar, compreendendo as ausências para a elaboração desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Francisco Iemma, que mesmo muito ocupado sempre teve tempo e disposição para solucionar minhas dúvidas e me ensinar um pouco da “temida” estatística que hoje eu tanto amo.

À Sônia, Gaúcho e Celina, por sempre estarem presentes me apoiando, torcendo e vibrando com as conquistas.

À Profa. Dra. Marlene Aparecida Moreno, por me dar uma oportunidade no “mundo da pesquisa”, do qual eu não me vejo mais longe, e por ser além de uma orientadora, uma grande amiga, mãe, irmã, enfim, sempre fazendo de tudo para ajudar. Obrigado pelo privilégio de ser seu aluno.

Ao Prof. Dr. Ricardo M. L. de Barros e à Faculdade de Educação Física da Unicamp por permitirem e possibilitarem a participação dos voluntários da equipe de rúgbi no presente estudo.

À Profa. Dra. Ester da Silva, por todo o conhecimento que adquiri estando esse tempo ao seu lado, por todo apoio e pela confiança em meu potencial, sempre exigindo por acreditar que eu sou capaz.

À todos os amigos e companheiros de laboratório que lá estão ou que por lá passaram, Ana Crisitna, Vandí, Roberta Zuttin, Nayara, Mariana, Jefferson, Viviane, Tarcísio, Roberta, Juliana e Taís, por estarem do meu lado nos momentos de trabalho e de diversão, contribuindo sempre de alguma forma para um novo conhecimento.

À Capes, pelo auxílio financeiro, sem o qual seria impossível a realização do mestrado.

À TODOS os voluntários que participaram do presente estudo, em especial ao Fernando Sérgio Mendes Júnior, sem o qual este trabalho não seria possível.

À TODAS as pessoas que participaram do trabalho ou da minha vida, contribuindo para eu me tornasse a pessoa que sou e conseguisse chegar até aqui.

"Inválidos são aqueles, que de plena posse de todos os seus movimentos, mantêm a vida parálitica dentro deles e só pensam em paralisar a dos demais."

Vinícius de Moraes

Resumo

As complicações respiratórias e a disfunção autonômica promovidas pela lesão medular (LM) representam as complicações mais comuns em longo prazo, bem como as principais causas de morbidade e mortalidade após a LM. Entretanto, estudos têm sido conduzidos com atletas em cadeira de rodas, sendo relatados benefícios frente ao exercício físico, como o aumento da força muscular e no desempenho ergométrico de membros superiores e melhora na qualidade de vida. Assim, o objetivo do presente estudo foi realizar a avaliação de variáveis cardiorrespiratórias de paraplégicos e tetraplégicos sedentários e praticantes de exercício físico em cadeira de rodas. Foram estudados 42 voluntários do gênero masculino, sendo 17 tetraplégicos, dos quais 10 praticavam rúgbi sobre cadeira de rodas, constituindo o grupo denominado tetraplégico ativo (TETRA-A) e sete tetraplégicos que não praticavam nenhum tipo de exercício físico, constituindo o grupo tetraplégico sedentário (TETRA-S), 15 paraplégicos, dos quais nove praticavam basquetebol sobre cadeira de rodas e constituíram o grupo denominado paraplégico ativo (PARA-A) e seis não praticavam exercício físico, constituindo o grupo denominado paraplégico sedentário (PARA-S), e também 10 voluntários sem lesão medular que compuseram o grupo controle (GC) para o estudo da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Todos os voluntários foram submetidos à avaliação da força muscular respiratória pela manovacuometria, da mobilidade torácica pela cirtometria axilar (CA) e xifoideana (CX) e da modulação autonômica da FC pelo estudo da VFC. Para a análise dos dados foram utilizados os testes T de Student, Mann-Whitney, Wilcoxon, Kruskal-Wallis com *post hoc* de Dunn, ANOVA um critério com *post hoc* de Tukey e o coeficiente de correlação de Spearman com nível de significância $\alpha=5\%$ para todas as análises. Os resultados do presente estudo não demonstraram diferenças significativas para nenhuma das variáveis respiratórias analisadas entre os grupos PARA-S e PARA-A. Entretanto, verificou-se no grupo TETRA-A, maiores valores de pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima obtidas ($p=0,0009$ e $p=0,01$, respectivamente), bem como de CA ($p=0,004$) e CX ($p=0,0008$), quando comparado ao grupo TETRA-S. Na análise da VFC, a Entropia de Shannon e a Entropia Condicional Corrigida, apresentaram valores estatisticamente inferiores para o grupo PARA-S comparado aos grupos GC ($p<0,05$) e PARA-A ($p<0,05$). A análise simbólica revelou valores significativamente menores para o padrão 0V ($p<0,01$) e maiores para o padrão 2VS ($p<0,05$) no grupo PARA-A comparado ao grupo PARA-S. Conclui-se que a prática regular de exercício físico aparenta promover melhora da função respiratória nos voluntários tetraplégicos, e contribuir para o aumento da complexidade da série temporal dos iR-R, bem como para a redução da modulação simpática e aumento da modulação parassimpática nos voluntários paraplégicos.

Palavras-Chave: Traumatismos da Medula Espinhal, Exercício, Testes de Função Respiratória, Sistema Nervoso Autônomo, Frequência Cardíaca.

Abstract

Respiratory complications and autonomic dysfunction promoted by spinal cord injury (SCI) represents the most common complications in the long term as well as the major causes of morbidity and mortality after SCI. However, studies have been conducted with wheelchair athletes, with reported benefits in response to physical exercise, such as increased muscle strength, upper limb exercise performance and improved quality of life. Thus, the purpose of this study was to evaluate the cardiorespiratory variables of sedentary and wheelchair athletes paraplegics and quadriplegics. We studied 42 male subjects: 17 quadriplegic, 10 wheelchair rugby athletes belonging to the active quadriplegic group (A-QUAD) and seven quadriplegic who did not practice any kind of exercise, belonging to the sedentary quadriplegic group (S-QUAD). Also were studied 15 paraplegics, nine of them wheelchair basketball athletes belonging to the active paraplegic group (A-PARA) and six non-physical exercise, comprising sedentary paraplegic group (S-PARA); 10 volunteers without SCI comprised the control group (CG) for the study of heart rate variability (HRV). All volunteers underwent assessment of respiratory muscle strength through manovacuometry, thoracic mobility by cirtometry in the axillary region (CA) and xiphoid region (CX) and autonomic modulation of heart rate (HR) through HRV. For data analysis were used Student's t test, Mann-Whitney, Wilcoxon, Kruskal-Wallis and post hoc Dunn procedure, ANOVA test and post hoc Tukey's procedure and Spearman's correlation coefficient with significance level $\alpha = 5\%$ for all analysis. The results of this study showed no significant differences in any of the respiratory variables compared between S-PARA and A-PARA groups. However, it was found in A-QUAD group, higher values of maximal inspiratory and expiratory pressure achieved ($p = 0.0009$ and $p = 0.01$, respectively) and CA ($p = 0.004$) and CX ($p = 0.0008$), when compared to S-QUAD. In HRV analysis, Shannon Entropy and Corrected Conditional Entropy, were statistically lower for the S-PARA group compared to the CG ($p < 0.05$) and A-PARA groups ($p < 0.05$). The symbolic analysis revealed significantly lower values for the 0V pattern ($p < 0.01$) and higher for 2LV pattern ($p < 0.05$) in A-PARA compared to S-PARA group. We conclude therefore that regular physical exercise appear to promote improvement in lung function in quadriplegic subjects, and contribute to the increasing complexity of time series of R-R_i, as well as for the decrease of sympathetic modulation and increased on parasympathetic modulation in subjects with paraplegia.

Keywords: Spinal Cord Injuries, Exercise, Respiratory Function Tests, Autonomic Nervous System, Heart Rate.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Aspectos éticos	14
3.2 Casuística	14
3.2.1 Critérios de seleção dos voluntários	17
3.2.2 Caracterização do treinamento	17
3.3 Infra-estrutura	18
3.4 Procedimento experimental	18
3.4.1 Medida das pressões respiratórias máximas	18
3.4.2 Cirtometria torácica	20
3.4.3 Registro da frequência cardíaca e dos intervalos R-R (iR-R)	21
3.4.4 Análise da resposta da frequência cardíaca e de sua variabilidade pelos modelos não lineares	23
3.4.4.1 Análise simbólica	24
3.4.4.2 Entropia de Shannon	26
3.4.4.3 Entropia condicional corrigida	28
3.5 Tratamento dos dados	29
4 RESULTADOS	31
4.1 Casuística	31
4.2 Variáveis respiratórias nos grupos de tetraplégicos	32
4.3 Variáveis respiratórias nos grupos de paraplégicos	33
4.4 Análises de correlações	34

4.4.1 Análises de correlações para os grupos de paraplégicos sedentários e de tetraplégicos sedentários	35
4.4.2 Análises de correlações para os grupos paraplégicos ativos e de tetraplégicos ativos	35
4.5 Análise da VFC por meio de métodos não lineares	36
5 DISCUSSÃO	39
6 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50
ANEXO 1	55
APÊNDICE 1	56
APÊNDICE 2	58

1 INTRODUÇÃO

A lesão medular (LM) geralmente acomete adultos jovens e é altamente incapacitante, tendo significativo impacto pessoal e social, não só pelas incapacidades, mas também pelas inúmeras complicações ao longo da vida (Winslow e Rozovsky, 2003). Além da disfunção física e sensorial, traz como consequências atrofia do sistema músculo-esquelético, espasticidade, disfunção autonômica, alterações metabólicas e hormonais, redução da capacidade respiratória, da circulação sanguínea e das dimensões das estruturas cardíacas, que juntamente com o estilo de vida sedentário podem conduzir a doenças cardiovasculares e respiratórias (Huonker et al., 1998; Paolillo et al., 2005).

Dentre as complicações, merece destaque as alterações respiratórias e a disfunção autonômica, a qual está relacionada ao nível e à severidade da lesão das vias autonômicas simpáticas descendentes (Furlan et al., 2003; Claydon e Krassioukov, 2008), pois representam as complicações mais comuns em longo prazo, bem como as principais causas de morbidade e mortalidade após a LM (Soden et al., 2000; Winslow e Rozovsky, 2003; Garshick et al., 2005).

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, além de função pulmonar anormal (Hopman et al., 1997; Linn et al., 2000), o que frequentemente promove o desenvolvimento de pneumonias, atelectasias e infecções respiratórias (Carter, 1987; Aito, 2003).

As alterações dos volumes e das capacidades pulmonares ocorrem frequentemente pelo déficit muscular (Roth et al., 1997), sendo o grau de comprometimento destes músculos 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 caracteriza uma síndrome restritiva não parenquimatosa (De Troyer, 1997).

Outra complicação importante citada anteriormente é a disfunção autonômica, a qual tem sido avaliada de modo indireto por meio do estudo da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), encontrando-se na literatura que lesados medulares possuem alterações da modulação autonômica da frequência cardíaca (FC), evidenciadas pela redução das bandas de alta e baixa frequência na análise espectral, sugerindo uma redução da modulação vagal e também perda da modulação simpática (Bunten et al., 1998; Claydon e Krassioukov, 2008).

Em virtude das alterações cardiorrespiratórias consequentes da própria lesão e do agravamento das mesmas pelo sedentarismo, a prática de atividades físicas e esportivas tem sido incentivada como um meio de promoção de saúde para esta população (Scelza et al., 2005).

A prática de exercício físico recreativa e desportiva, como complemento da fisioterapia tradicional para lesados medulares, teve início quando Dr. Ludwig Guttmann, com o objetivo de motivar e reintegrar esses pacientes à comunidade, introduziu o primeiro programa de exercícios físicos utilizando esportes como parte da reabilitação de vítimas da segunda guerra mundial (Guttmann, 1975; Guttmann, 1976). Desde então, várias atividades esportivas adaptadas tiveram início, como o basquetebol e o rúgbi em cadeira

de rodas, possibilitando inclusive que tetraplégicos pudessem praticar uma modalidade esportiva de forma efetiva.

A prática de esportes adaptados tem sido considerada parte integrante e fundamental nos programas de reabilitação para esta população, contribuindo para que seja hoje além de uma atividade de lazer, um esporte competitivo com emergente popularidade, especialmente em jogos de bola (Abel et al., 2008).

Estudos têm sido conduzidos com atletas em cadeira de rodas (Goosey-Tolfrey, 2006; Abel 2008), sendo relatados benefícios frente ao exercício físico, como o aumento da força muscular, desempenho ergométrico de membros superiores e melhora na qualidade de vida (Hicks et al., 2003). Porém, ainda são pouco explorados estudos sobre a inter-relação dos mecanismos fisiológicos cardiorrespiratórios e muscular em lesados medulares sedentários e praticantes de atividades físicas, o que torna relevante estudar o comportamento destes sistemas para melhor compreender seus ajustes e adaptações frente ao exercício físico.

Com base no exposto, a hipótese deste estudo é que a realização do exercício físico através da prática de esportes sobre cadeira de rodas pode promover adaptações benéficas sobre a função respiratória e a modulação autonômica da FC de lesados medulares.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliação de variáveis cardiorrespiratórias de paraplégicos e tetraplégicos sedentários e praticantes de basquetebol e rúgbi em cadeira de rodas.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito do exercício físico sobre a força muscular respiratória e a mobilidade torácica de paraplégicos e tetraplégicos.
- Avaliar o efeito do exercício físico sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca de paraplégicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aspectos éticos

Respeitando as normas de conduta em pesquisa experimental com seres humanos (Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde), este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba (protocolo nº 55/08). Os voluntários foram informados e esclarecidos a respeito dos objetivos e da metodologia experimental às quais foram submetidos, explicitando o caráter não-invasivo dos procedimentos. Só foram estudados os voluntários que aceitaram participar do referido estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 1).

3.2 Casuística

O desenho experimental do estudo foi do tipo transversal com amostra de conveniência, o qual contou com a participação de 42 voluntários do gênero masculino, com idade entre 20 e 40 anos, divididos em cinco grupos:

Grupo controle (GC): composto por 10 voluntários sem lesão medular, aparentemente saudáveis, com padrão de vida sedentário segundo o *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ, 2003). Ressalta-se que a inclusão desse grupo no presente estudo, teve por objetivo servir como referência para os valores de normalidade dos índices não lineares da VFC, uma vez que os mesmos não são encontrados na literatura. Dessa maneira, o GC só foi incluído para análise de VFC.

Grupo tetraplégico sedentário (TETRA-S): composto por voluntários com lesão medular completa entre o quarto (C4) e o oitavo (C8) segmento medular cervical, com padrão de vida sedentário (n=7).

Grupo tetraplégico ativo (TETRA-A): composto por voluntários com lesão medular completa entre o quarto (C5) e o oitavo (C8) segmento medular cervical, praticantes de rúgbi sobre cadeira de rodas, da equipe da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, (Figura 1) há no mínimo seis meses (n=10).



Figura 1 – Ilustração de uma partida de rúgbi sobre cadeira de rodas, modalidade praticada pelos voluntários tetraplégicos pertencentes ao grupo TETRA-A.

Grupo paraplégico sedentário (PARA-S): composto por voluntários com lesão medular completa entre o quarto (T4) e o décimo segundo (T12) segmento medular torácico, com padrão de vida sedentário (n=6).

Grupo paraplégico ativo (PARA-A): composto por voluntários com lesão medular completa entre o quarto (T4) e o décimo segundo (T12) segmento medular torácico, praticantes de basquetebol sobre cadeira de rodas (Figura 2) da equipe representante da cidade de Rio Claro-SP, há no mínimo seis meses (n=9).



Figura 2 – Ilustração de uma partida de basquete sobre cadeira de rodas, modalidade praticada pelos voluntários paraplégicos pertencentes ao grupo PARA-A.

A figura 3 é um fluxograma representando a perda amostral do presente estudo bem como as causas que levaram à exclusão dos voluntários.

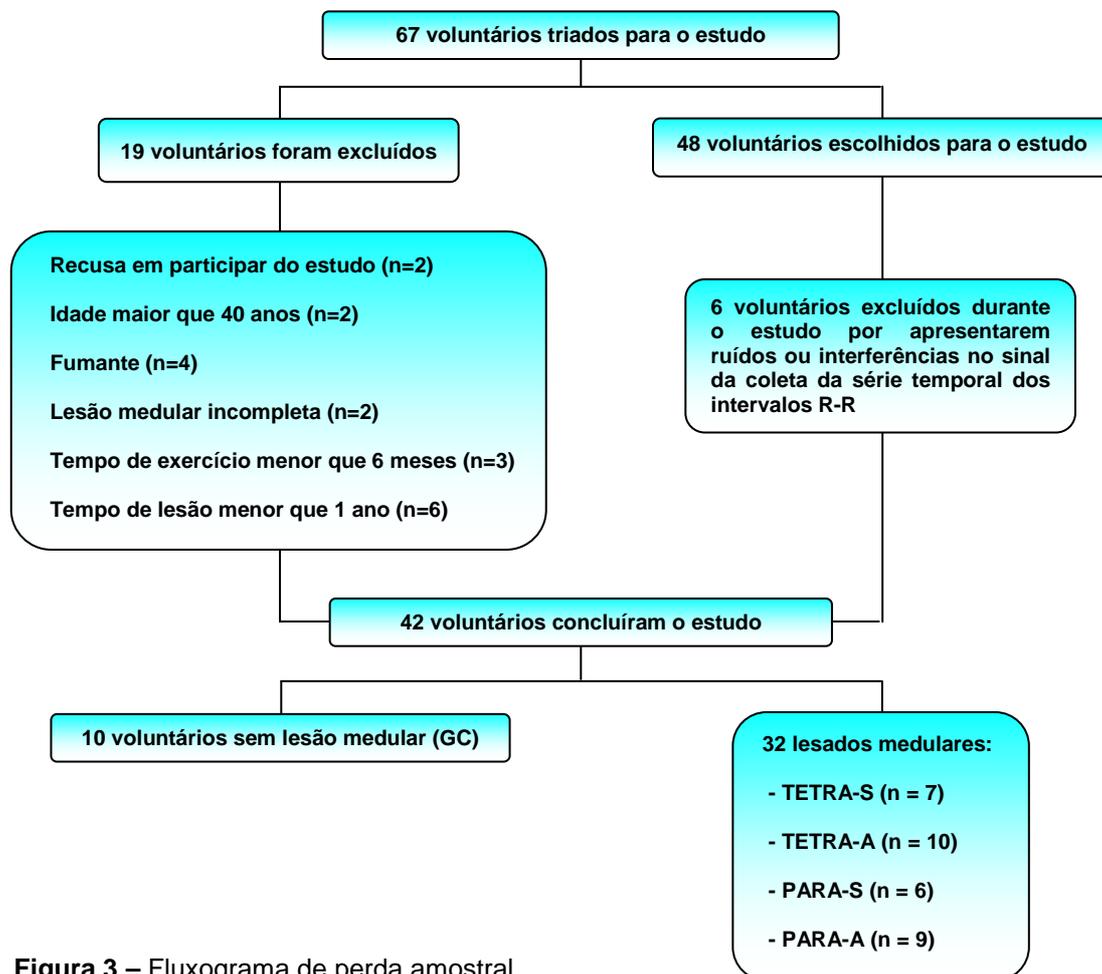


Figura 3 – Fluxograma de perda amostral.

3.2.1 Critérios de seleção dos voluntários:

A inclusão dos voluntários nesta pesquisa considerou os seguintes critérios:

- Não tabagistas;
- Não etilistas;
- Não usuários de medicamentos que causassem dependência química ou interferissem nas variáveis estudadas;
- Ausência de anormalidades agudas do sistema cardiovascular e respiratório (identificado em anamnese).

Para os grupos de sedentários:

- Não praticar exercício físico regular há no mínimo 6 meses.

Para os grupos ativos:

- Treinar regularmente com a equipe selecionada há pelo menos seis meses.

Para os voluntários lesados medulares:

Possuírem lesão medular completa (classificação “A” na escala de deficiência da ASIA).

3.2.2 Caracterização do treinamento

Os treinamentos tanto de basquete como o de rúgbi sobre cadeira de rodas, eram realizados 3 vezes por semana, tendo cada sessão a duração de 2 horas. Aproximadamente 60% do treino eram dedicados ao jogo propriamente dito, e 40% dedicado a atividades específicas como arremessos

de bola ao cesto (no caso do basquete), trocas de passes, desvios de obstáculos (cones) e posicionamento tático.

3.3 Infra-estrutura

Os processos de avaliação e as coletas dos dados foram realizados nos locais de treinamento para os grupos de voluntários lesados medulares ativos e na residência dos voluntários pertencentes aos grupos de lesados medulares sedentários. A avaliação dos voluntários do grupo GC, bem como as análises dos resultados de todos os voluntários foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e de Provas Funcionais e, no Laboratório de Pesquisa de Avaliação em Intervenção em Fisioterapia Cardiorrespiratória da Faculdade de Ciências da Saúde (FACIS), da UNIMEP.

3.4 Procedimento experimental

A amostra foi familiarizada com todos os procedimentos antes do início do experimento.

3.4.1 Medida das pressões respiratórias máximas (pressão inspiratória máxima - P_{Imáx} e pressão expiratória máxima - P_{Emáx})

As equações de predição dos valores normais da P_{Imáx} e P_{Emáx} utilizadas em nosso estudo foram as de Neder et al. (1999). As pressões respiratórias foram medidas utilizando-se um manovacuômetro analógico

(GER-AR, São Paulo, Brasil), com intervalo operacional de ± 300 cmH₂O adaptado para pressões inspiratórias e expiratórias máximas.

Anteriormente ao bocal, foi adaptado um dispositivo de plástico rígido com um pequeno orifício de 2 mm de diâmetro interno e 1,5 mm de comprimento, com a finalidade de propiciar pequeno escape de ar e, segundo Black e Hyatt (1969), prevenir a elevação da pressão da cavidade oral gerada exclusivamente por contração da musculatura facial com fechamento da glote.

Todas as medidas foram coletadas pelo mesmo pesquisador e realizadas sob comando verbal homogêneo, com os voluntários sentados e tendo as narinas ocluídas por uma pinça nasal para evitar o escape de ar. A P_lmáx foi medida durante o esforço iniciado a partir do volume residual (VR), enquanto que a P_Emáx foi medida a partir da capacidade pulmonar total (CPT) (Neder et al., 1999; Figura 4). Cada voluntário executou cinco esforços de inspiração e expiração máximas, tecnicamente satisfatórios, ou seja, sem vazamento de ar perioral, sustentados por pelo menos 2 segundos e com valores próximos entre si ($\leq 10\%$), sendo considerada para o estudo a medida de maior valor (Black e Hyatt, 1969; Neder et al., 1999; Souza, 2002).

A coleta dos dados para o grupo de atletas foi realizada antes dos treinos físicos e específicos, evitando assim possíveis alterações nos valores das variáveis cardiorrespiratórias.

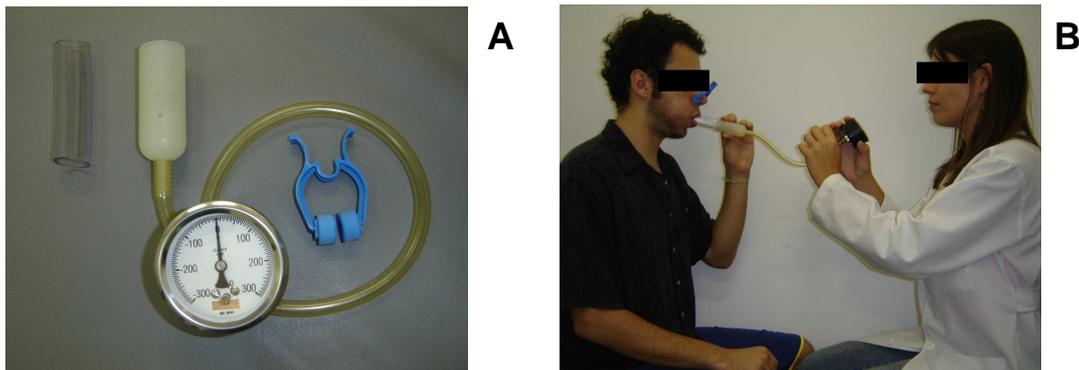


Figura 4 – A: Manovacuômetro (GER-AR, São Paulo, Brasil) com intervalo operacional de ± 300 cmH₂O, utilizado para a avaliação; B: Ilustração do teste realizado para a coleta das pressões respiratórias máximas.

3.4.2 Cirtometria torácica

Para avaliação da mobilidade torácica foi realizada a medida das circunferências do tórax nas fases expiratória e inspiratória máximas, na qual a diferença entre as medidas forneceu informações do grau de expansibilidade e de retração dos movimentos.

Essas medidas foram feitas com uma fita métrica escalonada em centímetros (cm) nos níveis axilar (CA) e xifoideano (CX), com o voluntário na postura sentada e o tórax desnudo. Cada medida foi obtida após solicitar ao voluntário que realizasse uma expiração máxima seguida de uma inspiração máxima (Paulin, Brunetto e Carvalho, 2003; Silva, Sampaio e Carrascosa, 2006; Moreno et al., 2007).

Para garantir a confiabilidade, as medidas foram realizadas três vezes em cada nível, utilizando-se para o estudo a medida de maior valor (Figura 5).

Os valores de referência para a diferença entre as medidas inspiratória e expiratória, adotados no presente estudo, foram os propostos por

Carvalho (1994) que relata como normais valores entre 6 e 7 cm, sendo aceitável uma redução de até 20% desse valor, ou seja, valores entre 3 e 4 cm.

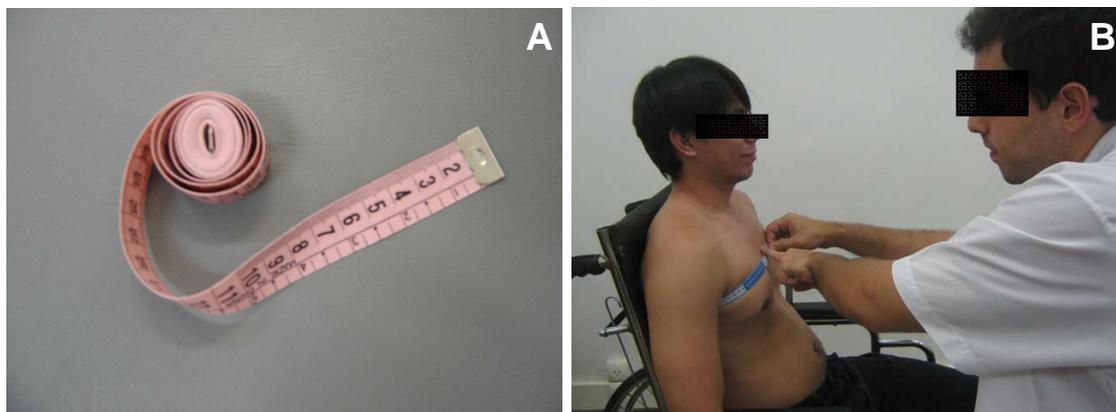


Figura 5 – A: Fita métrica escalonada em cm; B: Ilustração do teste utilizado para a realização da cirtometria e obtenção do coeficiente respiratório.

3.4.3 Registro da frequência cardíaca e dos intervalos R-R (iR-R)

Este procedimento teve como objetivo avaliar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) para verificar a modulação do controle autonômico sobre a mesma na condição de repouso na postura sentada.

Nos dias anteriores ao teste, os voluntários receberam instruções relevantes para garantir uma avaliação satisfatória que incluíam evitar o consumo de bebidas estimulantes tais como chá preto, café, refrigerantes no dia do exame, não realizar atividade física 48 horas antes do exame, ter uma boa noite de sono etc.

Os voluntários foram orientados a permanecerem em repouso para estabilização dos sinais vitais. Em seguida teve início a coleta da FC e dos iR-R durante 15 minutos. O registro da FC para análise da VFC foi realizado na própria cadeira de rodas, com apoio das costas e joelhos flexionados em 90° e os pés apoiados (Figura 6), sendo que todos os voluntários foram avaliados no

período da tarde com o intuito de evitar possíveis influências do ciclo circadiano.

Durante o período da coleta, foi orientado aos voluntários que mantivessem a respiração espontânea e o pesquisador observou e registrou o número de ciclos respiratórios por minuto de cada voluntário, durante todo o período da coleta, apresentando entre 10 a 20 respirações por minuto, garantindo, portanto, que não houvesse influência da respiração na modulação autonômica simpática da FC.

Foram anotados também, quando necessário, os momentos em que os voluntários realizassem respirações mais profundas, apresentassem tosse, bocejo, ou qualquer ação que pudesse interferir na coleta dos dados.

Para a coleta, os voluntários foram monitorizados com o Frequencímetro Polar® modelo S810i (Electro Oi, Finland). Os dados foram captados a partir de uma cinta com transmissor codificado, colocada na região do tórax, na altura do 5º espaço intercostal (Figura 6). A análise dos dados foi realizada a partir dos sinais gravados e armazenados no frequencímetro e posteriormente transferidos por meio de uma interface para um computador compatível.

O sistema do frequencímetro tem incorporado um microprocessador para detectar instantaneamente a despolarização ventricular, correspondendo a onda R do eletrocardiograma (ECG), com uma frequência de amostragem de 500 Hz e resolução temporal de um milissegundo, deste modo, calculando a FC instantaneamente e armazenando os iR-R.

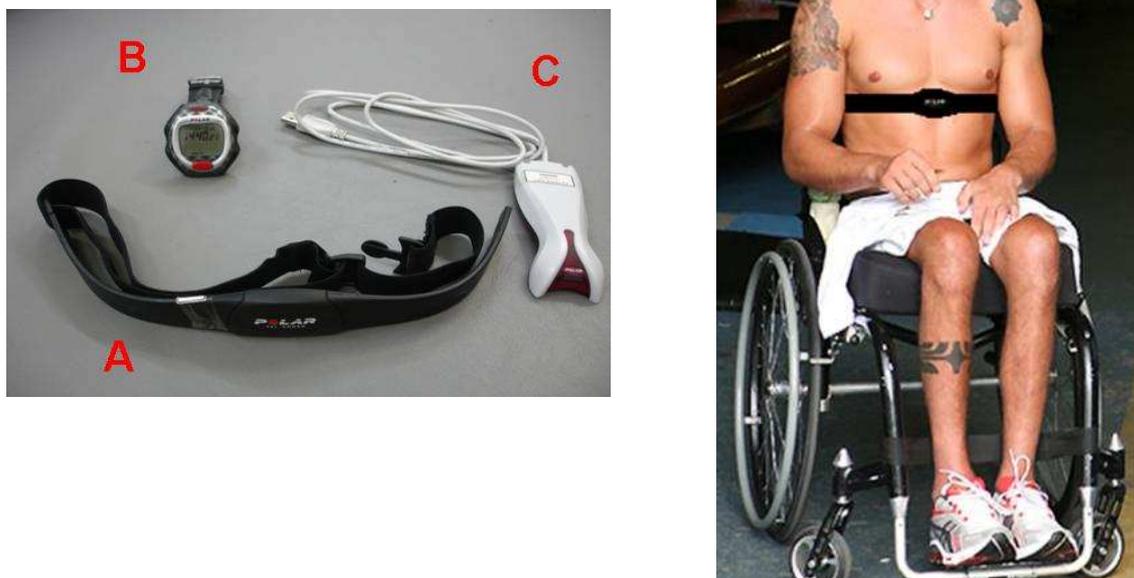


Figura 6 – A: cinta com transmissor codificado; B: frequencímetro polar; C: interface. Ao lado, colocação da cinta no quinto espaço intercostal para captação da FC.

3.4.4 Análise da resposta da frequência cardíaca e de sua variabilidade pelos modelos não lineares

A análise da VFC pelo método não linear foi realizada a partir das análises de Entropia de Shannon (ES), simbólica e Entropia Condicional Corrigida (ECC), por meio do programa de rotinas de análises desenvolvido pelo Prof. Dr. Alberto Porta e colaboradores do departamento Scienze Precliniche, Università degli Studi di Milano, Milão, Itália (Porta et al., 2001).

Para as análises foram selecionados os trechos de maior estabilidade do sinal, os quais incluíam 256 batimentos consecutivos (Task Force, 1996).

3.4.4.1 Análise simbólica

Na análise simbólica, a série completa dos intervalos RR (ou seja, 256 batimentos) é distribuída uniformemente em 6 níveis, no qual cada batimento recebe um símbolo (de 0 a 5) (Figura 7). Em seguida, padrões (sequências de 3 símbolos) são construídos a partir da sequência de símbolos e agrupados em 4 famílias referidas como 1) padrões sem variação (0V), 2) padrões com uma variação (1V), 3) padrões com duas variações similares (2VS), e 4) padrões com duas variações diferentes (2VD) (Figura 8).

Considerando que estudos anteriores (Porta et al., 1998; Guzetti et al., 2000; Porta et al., 2001) encontraram que o índice 0V representa a modulação autonômica cardíaca simpática, o índice 1V representa simultaneamente a modulação autonômica cardíaca vagal e simpática, e os índices 2VS e 2VD representam a modulação cardíaca vagal, a porcentagem de aparecimento de cada família foi calculada no presente estudo.

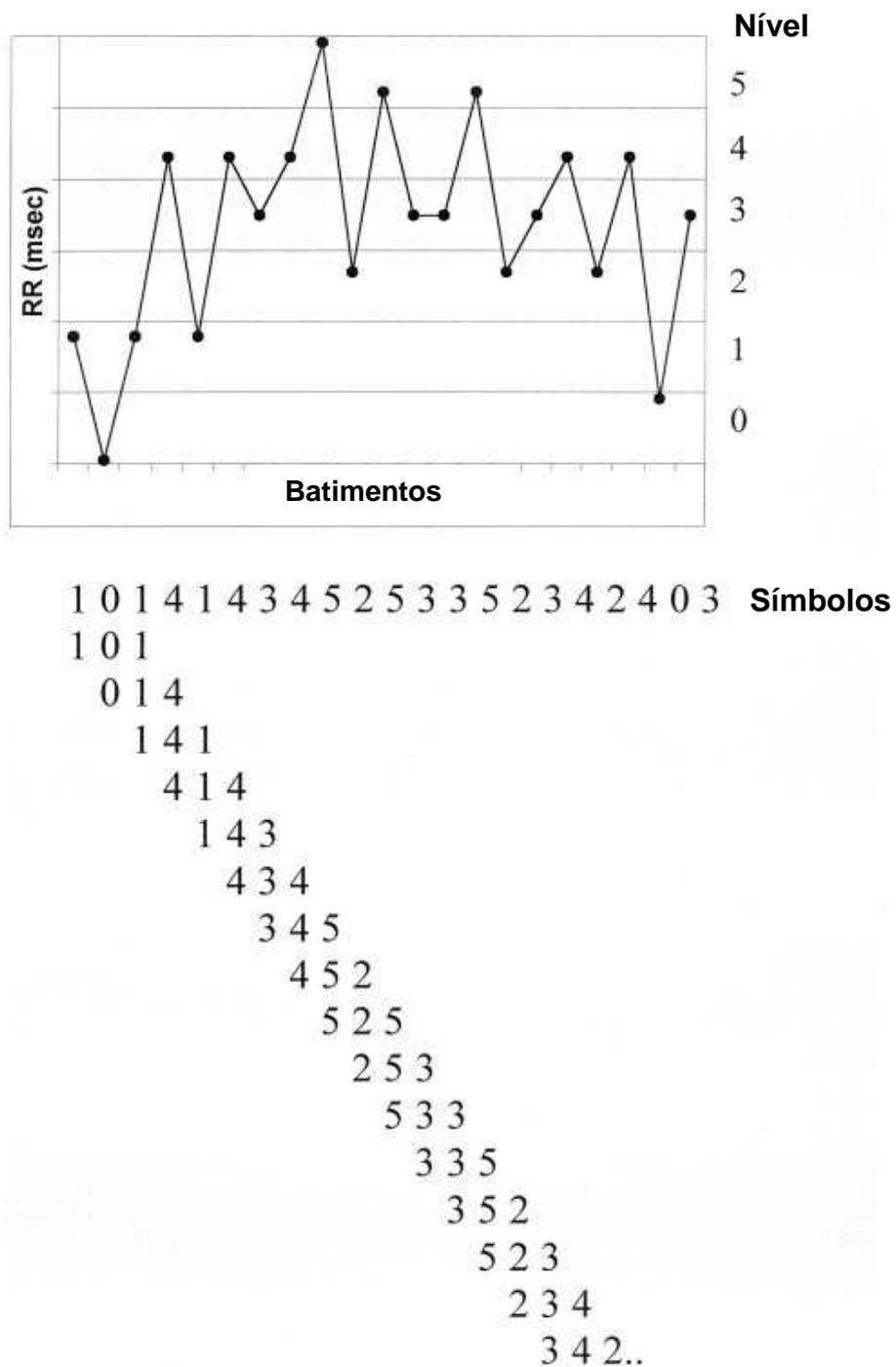


Figura 7 – Síntese do método da análise simbólica. IR-R foram uniformemente distribuídos em 6 níveis (de 0 a 5), cada nível foi identificado por um símbolo (número), e estes foram agrupados de 3 em 3 formando padrões simbólicos

Fonte: Adaptado de Guzzetti et al. (2005).

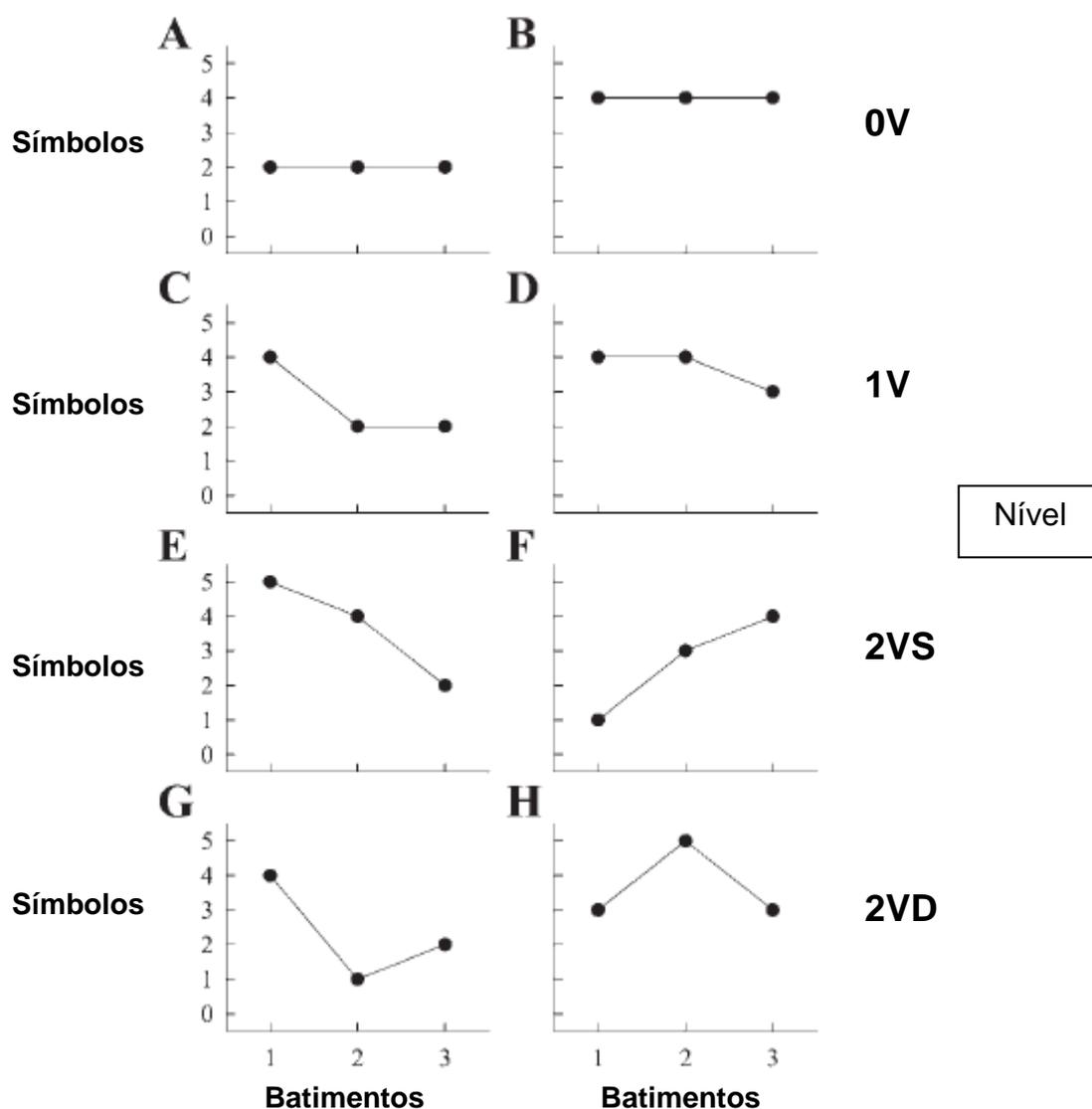


Figura 8 – Exemplos de padrões para categoria 0V (A e B), 1V (C e D), 2VS (E e F) e 2VD (G e H). 0V: modulação simpática; 1V: modulação simpática e parassimpática; 2VS e 2VD: modulação parassimpática.

Fonte: Adaptado de Porta et al. (2007).

3.4.4.2 Entropia de Shannon

Este método de análise difere dos índices tradicionais lineares da estimação da VFC, no sentido de que esta não se destina a avaliar a magnitude da VFC, mas sim a calcular o grau de complexidade da distribuição da série dos iR-R (Porta et al., 2001).

Assim pode-se dizer que a Entropia de Shannon (ES) é um índice calculado para fornecer uma qualificação da complexidade de distribuição dos padrões, ou seja, para descrever a forma da distribuição dos padrões.

Dessa forma, a ES será grande se a distribuição for plana, ou seja, se todos os padrões forem identicamente distribuídos e as séries carregarem a quantidade máxima de informação. Por outro lado, a ES é pequena se houver um conjunto de padrões mais frequentes, enquanto outros estão ausentes ou infrequentes como na figura 9.

Deve-se ressaltar que a ES depende do comprimento do padrão (números de batimentos cardíacos consecutivos considerados na formação dos padrões), sendo que no presente estudo este valor foi fixado em 3, uma vez que esse também foi o valor utilizado na análise simbólica.

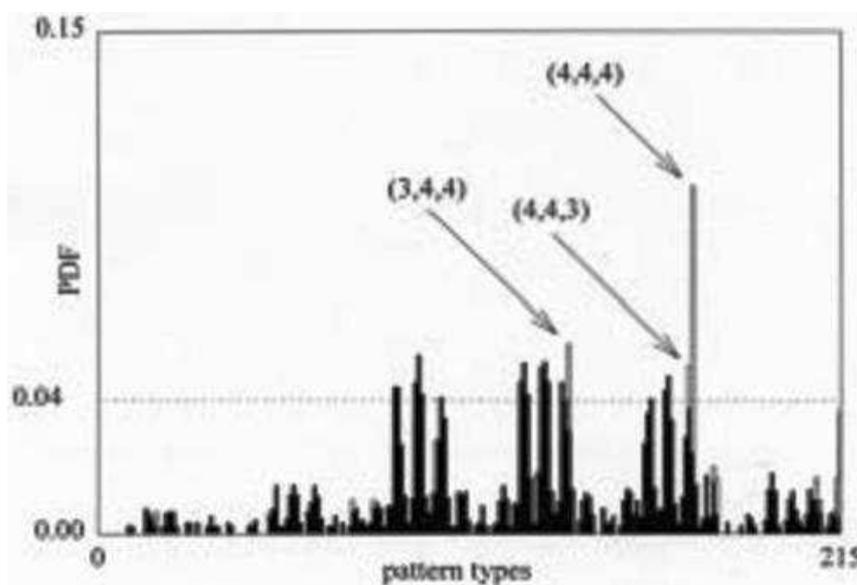


Figura 9 – Descrição dos processos para detecção dos padrões determinísticos frequentes (FPDs). Um FPDs é encontrado se a probabilidade de função de densidade (PDF) é calculada sobre as séries originais (barras abertas) superando média [PDF] + 2 vezes os desvios padrões [PDV] calculado sobre 15 realizações de substituição de dados (barras pretas) e se o PDF for maior que 0,04 (linha pontilhada). Apenas três FPDs são detectados. (Pattern types: tipos de padrão).

Fonte: Porta et al. (2001).

3.4.4.3 Entropia condicional corrigida

A entropia condicional corrigida (ECC) (Porta et al., 1998) é baseada na entropia condicional (EC), a qual mede a quantidade de informações transportadas por um conjunto de séries, quando as amostras anteriores ($L-1$) são conhecidas. Se as séries são completamente regulares, uma nova amostra não transporta nenhuma informação, pois ela pode ser completamente prevista a partir de suas amostras passadas, e a EC é zero. Se a série é complexa, a próxima amostra não pode ser completamente derivada das amostras passadas, a EC é alta. Infelizmente, quando estimada a partir de uma curta série de dados, a EC reduz a zero em função do número de amostras utilizados para fazer a previsão, isso porque alguns padrões determinísticos podem aparecer apenas uma vez na sequência de dados e será interpretado como um padrão completamente previsível. Portanto padrões que aparecem uma única vez possuem uma contribuição nula, e a EC é reduzida.

A ECC foi desenvolvida para eliminar esse viés e fornecer um índice confiável de complexidade mesmo em curtas séries de dados. O índice é expresso em nats em vez de bits, apenas para indicar que o logaritmo natural é utilizado no cálculo da EC, em vez de \log^2 . O índice de complexidade é calculado sem qualquer seleção prévia do número de amostras passadas, necessárias para prever a dinâmica futura (Porta et al., 1998; Guzetti et al., 2000).

3.5 Tratamento dos dados

Foi realizada categorização do nível da lesão medular, e em seguida, aplicado o teste de Qui-quadrado para comparação do nível da lesão medular entre os grupos de lesados medulares.

Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk para análise da distribuição dos dados. Dessa forma, foram utilizados testes estatísticos paramétricos e não paramétricos, conforme apropriado, para a comparação dos dados.

Para a comparação intergrupos (TETRA-S, TETRA-A, PARA-S e PARA-A), referente ao tempo de lesão, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com *post hoc* de Dunn. Para os grupos constituídos por voluntários ativos (PARA-A e TETRA-A), o tempo de treino foi analisado pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney para a comparação intergrupos.

A força muscular respiratória foi avaliada a partir das variáveis P_{Imáx} e P_{Emáx} e a análise da mobilidade torácica foi realizada mediante a CA e CX. Todas as variáveis respiratórias foram analisadas referentes aos grupos PARA-S, PARA-A, TETRA-S e TETRA-A. Para comparação intergrupos das variáveis respiratórias, foi utilizado o teste paramétrico T de Student para as variáveis que apresentaram distribuição normal, e o teste não paramétrico de Mann-Whitney para as variáveis que não apresentaram. Foi utilizado o Teste de Wilcoxon para comparação intragrupo entre os valores obtidos e preditos referentes às pressões inspiratória e expiratória máximas.

As análises de correlação foram realizadas através do coeficiente de correlação de Spearman. Para analisar a relação entre as variáveis respiratórias e o tempo de treino, o teste foi aplicado individualmente para cada grupo. Já para verificar a relação entre as variáveis respiratórias e o nível da

lesão, foi realizado o agrupamento entre os grupos PARA-S e TETRA-S, e os grupos PARA-A e TETRA-A, para que não houvesse influência do treinamento na correlação.

As análises não lineares das séries temporais dos iR-R (ms) foram realizadas pela ES, pelos padrões 0V, 1V, 2VS e 2VD da análise simbólica e pela ECC, referentes aos grupos controle, PARA-S e PARA-A, na condição de repouso, na postura sentada.

Para comparação intergrupos da análise não linear das séries temporais dos iR-R, foi utilizado o teste paramétrico de ANOVA um critério com *post hoc* de Tukey.

Na análise descritiva dos dados, os resultados foram apresentados em média (\pm desvio padrão) e em mediana (1^o quartil - 3^o quartil), para os dados que apresentaram distribuição normal e não normal, respectivamente.

Os procedimentos estatísticos foram realizados a partir dos aplicativos Bioestat versão 5.0 e SPSS versão 13.0, sendo estabelecido o nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS

4.1 Casuística

Na Tabela 1 estão apresentados o nível da lesão e a classificação da ASIA. Pelo teste de Qui-quadrado foi constatada a similaridade entre os níveis de lesão medular quando comparados os grupos TETRA-S e TETRA-A ($p = 0,49$) e os grupos PARA-S e PARA-A ($p=0,50$).

Tabela 1 – Nível da lesão e classificação da ASIA apresentada pelos voluntários lesados medulares.

Nível de Lesão	Classificação ASIA	TETRA-S	TETRA-A	PARA-S	PARA-A
C4	A	1	----	----	----
C5	A	2	4	----	----
C6	A	1	5	----	----
C7	A	3	1	----	----
C8	A	----	----	----	----
T1	----	----	----	----	----
T2	----	----	----	----	----
T3	----	----	----	----	----
T4	A	----	----	2	1
T5	A	----	----	1	----
T6	A	----	----	1	1
T7	A	----	----	----	1
T8	A	----	----	1	2
T9	A	----	----	----	1
T10	A	----	----	1	----
T11	A	----	----	----	1
T12	A	----	----	----	2

Teste de Qui-quadrado:

TETRA-S vs TETRA-A: $p=0,19$

PARA-S vs PARA-A: $p=0,50$

Não foram observadas diferenças significativas entre os cinco grupos estudados com relação à idade e estatura, entretanto a massa corporal foi

significativamente menor no grupo TETRA-A comparado ao grupo TETRA-S. O índice de massa corpórea (IMC) foi também significativamente menor no grupo TETRA-A comparado aos grupos GC, TETRA-S e PARA-S.

Com relação ao tempo de treinamento, não houve diferença significativa entre os grupos PARA-A e TETRA-A, assim como não foram observadas diferenças entre o tempo de lesão entre os grupos PARA-S, PARA-A, TETRA-S e TETRA-A (Tabela 2).

Tabela 2 – Idade e características antropométricas apresentadas em média e desvio padrão. Tempo de treino e tempo de lesão apresentados em mediana e intervalos interquartílicos (1ºQ – 3ºQ), dos grupos controle (GC), tetraplégico sedentário (TETRA-S), tetraplégico ativo (TETRA-A), paraplégico sedentário (PARA-S) e paraplégico ativo (PARA-A).

	GC (n = 10)	TETRA-S (n = 7)	TETRA-A (n = 10)	PARA-S (n = 6)	PARA-A (n = 9)
Idade	33,00 ± 10,92	28,43 ± 4,72	29,10 ± 6,82	34,00 ± 9,32	33,44 ± 9,14
Massa corporal (Kg)	75,59 ± 8,41	77,71 ± 4,92	66,87 ± 4,12 [#]	76,17 ± 7,76	76,89 ± 7,34
Estatura (cm)	173,00 ± 6,09	175,71 ± 6,65	181,75 ± 8,24	174,67 ± 8,14	180,11 ± 5,69
IMC (Kg/m²)	24,93 ± 3,18	25,21 ± 1,42	20,36 ± 2,09 ^{*†#}	25,03 ± 2,71	24,03 ± 2,46
Tempo de treino (meses)	-----	-----	24 (21 – 25)	-----	14 (10 - 72)
Tempo de lesão (meses)	-----	72 (68,75 - 112,75)	77 (27 – 111)	72 (12 – 96)	72 (60 - 168)

IMC: índice de massa corpórea

[#]p < 0,05 vs TETRA-S

^{*}p < 0,05 vs GC

[†]p < 0,05 vs PARA-S

4.2 Variáveis respiratórias nos grupos de tetraplégicos

Na Tabela 3 estão apresentados os valores em mediana e intervalos interquartílicos da PImáx obtida e das PI e PEmáx preditas, e em média (± desvio padrão) os valores da PEmáx obtida, PI e PEmáx em % do predito e da CA e CX dos voluntários dos grupos TETRA-S e TETRA-A.

Na análise intergrupos, todas as variáveis respiratórias estudadas, com exceção da PImáx e PEmáx preditas, apresentaram valores significativamente maiores no grupo TETRA-A comparado ao grupo TETRA-S.

Na análise intragrupo, os valores obtidos referente à PImáx foram significativamente inferiores aos preditos somente no grupo TETRA-S ($p = 0,02$), enquanto na PEmáx, os valores obtidos foram significativamente inferiores aos preditos tanto no grupo TETRA-S ($p = 0,002$) como no grupo TETRA-A ($p = 0,002$).

Tabela 3 – Valores das pressões respiratórias máximas e da cirtometria dos grupos tetraplégico sedentário (TETRA-S) e tetraplégico ativo (TETRA-A) apresentados em média e desvio padrão ou em mediana e intervalos interquartílicos ($1^{\circ}Q - 3^{\circ}Q$).

	TETRA-S	TETRA-A	P
PImáx obtida (cmH₂O)	70,00 (70,00 – 75,00)	127,50 (113,75 – 141,25)	0,0009
PEmáx obtida (cmH₂O)	49,29 ± 5,34	73,12 ± 21,20	0,01
PImáx predita (cmH₂O)	133,70 (131,70 – 134,90) [‡]	133,70 (127,70 – 136,30)	0,77
PEmáx predita (cmH₂O)	143,43 (141,40 – 144,64) [#]	143,43 (137,35 – 146,06) [*]	0,77
PImáx % do previsto	53,39 ± 6,28	85,17 ± 25,58	0,01
PEmáx % do previsto	34,68 ± 4,08	51,55 ± 14,44	0,01
CA (cm)	1,57 ± 0,53	3,19 ± 1,10	0,004
CX (cm)	0,50 ± 0,41	2,44 ± 1,01	0,0008

PImáx: pressão inspiratória máxima; PEmáx: pressão expiratória máxima; CA: cirtometria axilar; CX: cirtometria xifoideana

[‡] $p = 0,002$ PImáx obtida vs PImáx predita no grupo TETRA-S

[#] $p = 0,002$ PEmáx obtida vs PEmáx predita no grupo TETRA-S

^{*} $p = 0,002$ PEmáx obtida vs PEmáx predita no grupo TETRA-A

4.3 Variáveis respiratórias nos grupos de paraplégicos

A Tabela 5 apresenta os valores em mediana e intervalos interquartílicos da PImáx obtida, e em média e desvio padrão da PImáx predita e em % do predito e PEmáx obtida, predita e em % do predito, e da CA e CX dos voluntários dos grupos PARA-S e PARA-A. Não foram encontradas

diferenças significativas na comparação intergrupos em nenhuma das variáveis respiratórias analisadas.

Na comparação dos valores obtidos com os preditos referentes à PEmáx, os dois grupos estudados, PARA-S e PARA-A, apresentaram valores obtidos significativamente menores do que os preditos ($p = 0,004$ e $p = 0,02$, respectivamente).

Tabela 4 – Valores das pressões respiratórias máximas e da cirtometria dos grupos parapléxico sedentário (PARA-S) e parapléxico ativo (PARA-A) apresentados em média e desvio padrão ou em mediana e intervalos interquartílicos (1^oQ–3^oQ).

	PARA-S	PARA-A	P
PI_{máx} obtida (cmH₂O)	130,00 (117,00 – 142,00)	120,00 (110,00 – 130,00)	0,25
PE_{máx} obtida (cmH₂O)	91,67 ± 19,41	105,56 ± 34,32	0,39
PI_{máx} predita (cmH₂O)	128,10 ± 7,45	128,54 ± 7,31	0,91
PE_{máx} predita (cmH₂O)	137,76 ± 7,55 [#]	138,21 ± 7,40 [*]	0,91
PI_{máx} % do previsto	107,22 ± 25,25	88,01 ± 20,74	0,12
PE_{máx} % do previsto	64,05 ± 3,90	76,92 ± 25,64	0,25
CA (cm)	3,50 ± 1,38	4,11 ± 2,03	0,53
CX (cm)	3,33 ± 2,50	4,00 ± 2,45	0,62

PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; PE_{máx}: pressão expiratória máxima; CA: cirtometria axilar; CX: cirtometria xifoideana

[#]p = 0,004 PE_{máx} obtida vs PE_{máx} predita no grupo PARA-S

^{*}p = 0,02 PE_{máx} obtida vs PE_{máx} predita no grupo PARA-A

4.4 Análises de correlações

Para as análises de correlações foram consideradas variáveis dependentes a PI_{máx}, PE_{máx}, CA e CX, e foram consideradas variáveis independentes o nível de lesão e o tempo de treino (grupos TETRA-A e PARA-A).

4.4.1 Análises de correlações para os grupos TETRA-S e PARA-S (Sedentários):

Realizando o agrupamento entre os grupos TETRA-S e PARA-S para verificar a influência do nível da lesão medular sobre as variáveis respiratórias, observou-se correlação negativa entre o nível da lesão e as variáveis respiratórias conforme Tabela 5.

4.4.2 Análises de correlações para os grupos TETRA-A e PARA-A (Ativos):

Quando agrupado os grupos TETRA-A e PARA-A, diferentemente do agrupamento realizado entre os grupos TETRA-S e PARA-S, não observaram-se correlações entre o nível da lesão e as variáveis respiratórias (Tabela 6)

Tabela 5 – Coeficiente de correlação de Spearman.

Fator	Variáveis respiratórias	Sedentários		Ativos	
		r_s	P	r_s	P
Nível da lesão	PI _{máx}	-0,88	< 0,0001	0,15	0,56
	PE _{máx}	-0,97	< 0,0001	0,20	0,44
	CA	-0,88	< 0,0001	-0,19	0,46
	CX	-0,88	< 0,0001	-0,35	0,17

PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; PE_{máx}: pressão expiratória máxima; CA: cirtometria axilar; CX: cirtometria xifoideana

Entretanto, foram observadas correlações positivas, no grupo TETRA-A, entre o tempo de treino e as variáveis PI_{máx} ($r_s = 0,87$; $p = 0,004$;

Figura 10A) e CA ($r_s = 0,73$; $p = 0,04$; Figura 10B), o que não foi observado no grupo PARA-A (Figura 11A e 11B), o qual apresentou apenas uma correlação negativa de moderada magnitude entre a CA e o tempo de treino porém não significativa ($r_s = -0,41$; $p = 0,27$).

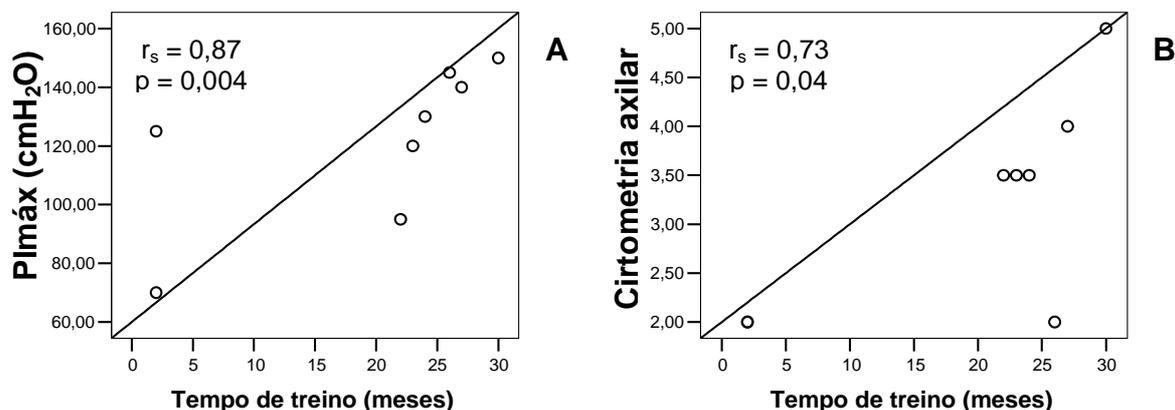


Figura 10 – Valores de correlação entre o tempo de treino e variáveis respiratórias: pressão inspiratória máxima (Plmáx; A) e cirtometria axilar (B) no grupo TETRA-A.

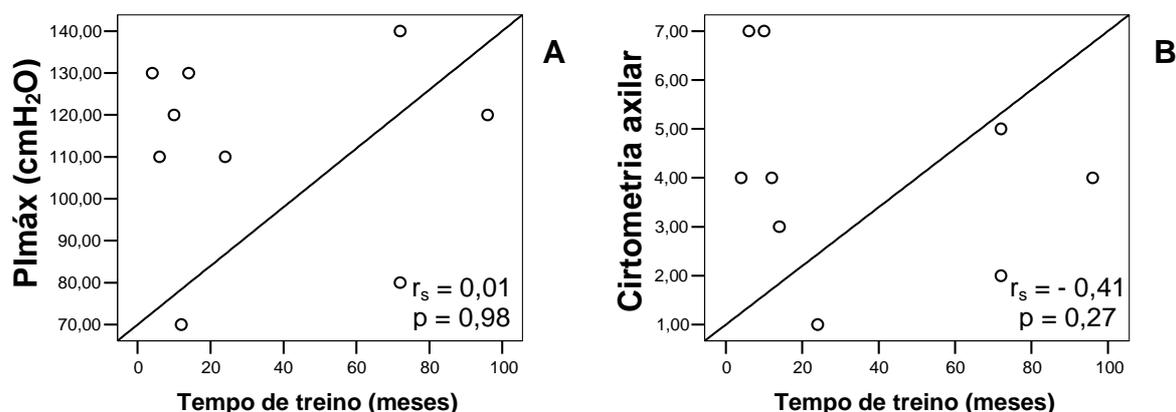


Figura 11 – Valores de correlação entre o tempo de treino e variáveis respiratórias: pressão inspiratória máxima (Plmáx; A) e cirtometria axilar (B) no grupo PARA-A.

4.5 Análise da VFC por meio de métodos não lineares

Na tabela 6 estão apresentados os resultados da análise não linear a partir da ES, porcentagem de aparecimento dos padrões da análise simbólica (0V, 1V, 2VS e 2VD), e ECC, dos grupos GC, PARA-S e PARA-A.

Na análise da ES e ECC, verificou-se valor estatisticamente inferior para o grupo PARA-S comparado aos grupos GC e PARA-A (Figuras 12 e 13).

Com relação à análise simbólica, observaram-se valores significativamente menores para o padrão 0V e maiores para o padrão 2VS no grupo PARA-A comparado ao grupo PARA-S. Não foram identificadas diferenças estatisticamente significantes com relação aos padrões 1V e 2VD.

Tabela 6 – Análise não linear da variabilidade da frequência cardíaca dos grupos controle (GC), paraplégico sedentário (PARA-S) e paraplégico ativo (PARA-A), apresentados em média e desvio padrão.

	GC	PARA-S	PARA-A
ES	3,68 ± 0,20*	3,19 ± 0,10	3,85 ± 0,24*
ECC	0,75 ± 0,05*	0,65 ± 0,08	0,80 ± 0,06 [#]
Análise Simbólica			
0V (%)	22,43 ± 7,31	31,53 ± 8,88	14,80 ± 7,35 [#]
1V (%)	48,86 ± 5,00	49,90 ± 4,98	47,01 ± 3,72
2VS (%)	11,84 ± 3,74	7,49 ± 3,63	12,74 ± 2,98*
2VD (%)	16,86 ± 4,46	16,39 ± 11,28	25,44 ± 9,45

ES: entropia de Shannon; ECC: entropia condicional corrigida; 0V: percentual dos padrões sem variação; 1V: percentual dos padrões com uma variação; 2VS: percentual dos padrões com duas variações; 2VD: percentual dos padrões com duas variações diferentes.

* p < 0,05 vs PARA-S

[#] p < 0,01 vs PARA-S

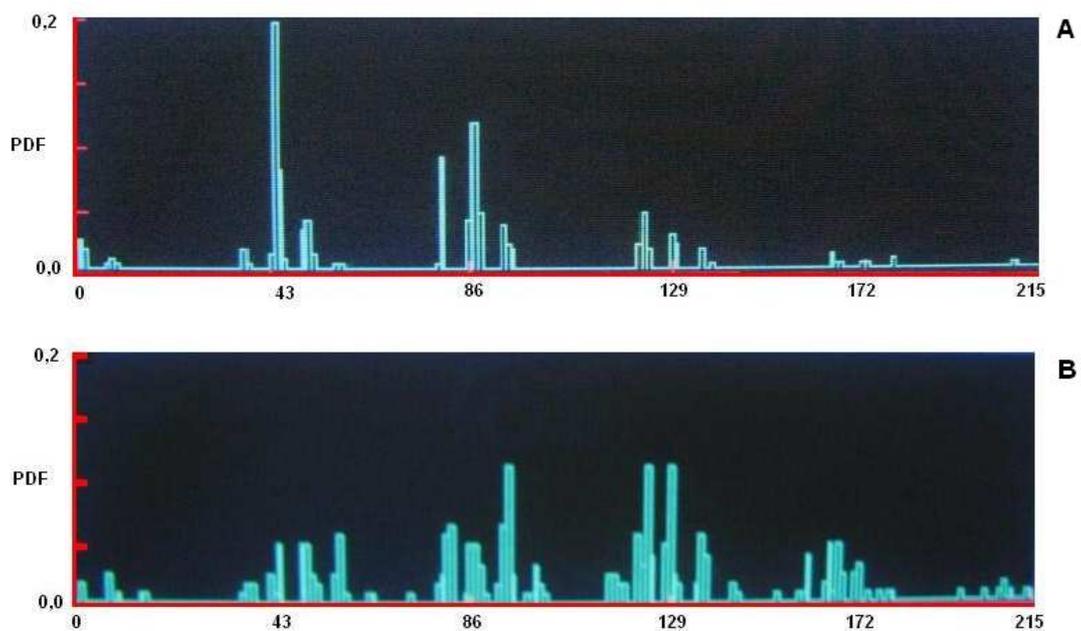


Figura 12 – Ilustração dos padrões determinísticos frequentes (PDF) em um voluntário do grupo PARA-S (A) e em um voluntário do grupo PARA-A (B).

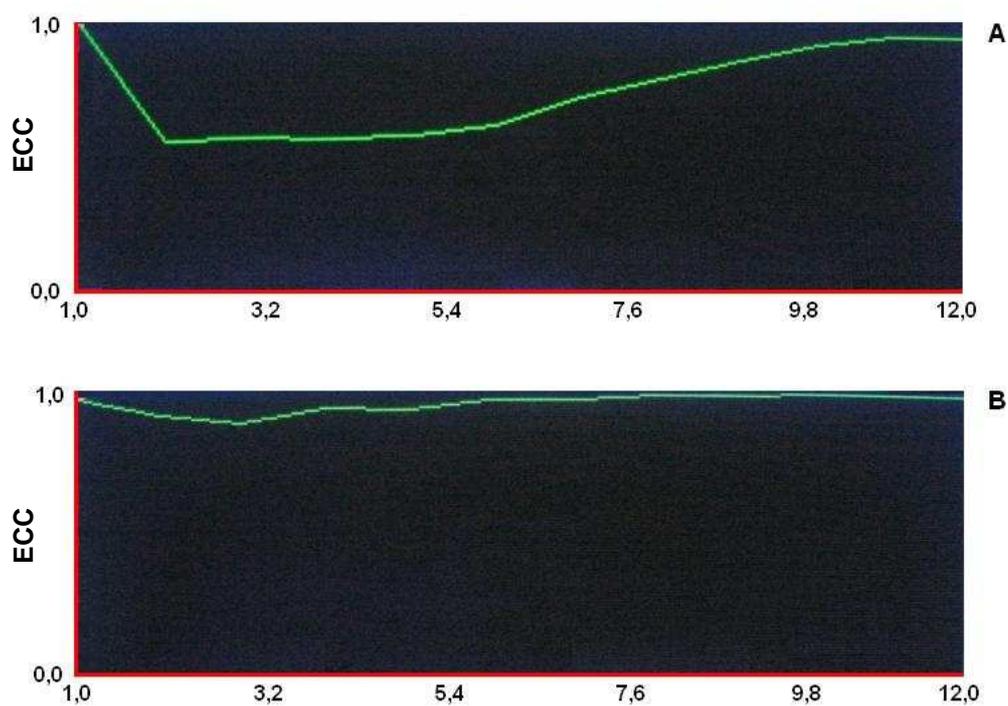


Figura 13 – Ilustração da entropia condicional corrigida (ECC) em um voluntário do grupo PARA-S (A) e em um voluntário do grupo PARA-A (B).

5 DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foram: 1) lesados medulares apresentam alterações da função respiratória, as quais se agravam quanto mais alto o nível da lesão; 2) o treinamento físico parece exercer influência positiva sobre a força muscular respiratória e a mobilidade torácica dos voluntários tetraplégicos; 3) voluntários paraplégicos possuem menor complexidade da série temporal dos iR-R comparados a indivíduos saudáveis sem lesão medular; 4) o exercício físico aparenta contribuir para o aumento da complexidade da série temporal dos iR-R e da modulação parassimpática, e para a redução da modulação simpática nos voluntários paraplégicos.

A escolha do tema para a realização deste estudo baseou-se na possibilidade de que o exercício físico realizado pela prática de atividade esportiva em cadeira de rodas pudesse ter efeitos benéficos sobre a função cardiorrespiratória de lesados medulares, paraplégicos e tetraplégicos.

Em virtude das variáveis estudadas sofrerem influências relacionadas às características dos voluntários, buscou-se estabelecer homogeneidade entre os grupos, o que pode ser observado na semelhança entre idade e características antropométricas dos cinco grupos estudados. Entretanto, foram observadas diferenças com relação à massa corporal e o índice de massa corpórea, sendo os menores valores encontrados no grupo TETRA-A quando comparado aos demais grupos.

Considerando-se que os cálculos para valores preditos utilizados no presente estudo, têm como base a idade e a estatura, não utilizando a massa corporal, nos leva a acreditar que as variáveis que apresentaram homogeneidade inter-grupos, constituem as mais importantes a serem

considerados (Neder et al., 1999), não promovendo assim, discrepância entre os grupos.

Outra característica importante dos voluntários é a similaridade em relação ao nível da lesão nos grupos compostos por voluntários paraplégicos (PARA-S e PARA-A) e por voluntários tetraplégicos (TETRA-S e TETRA-A), assim como a semelhança entre os grupos ativos (PARA-A e TETRA-A) em relação ao tempo de treinamento, o que também contribuiu para uma maior homogeneidade dos voluntários que constituíram os grupos.

Sendo o nível motor da lesão medular um importante determinante da função respiratória, este estudo analisou sua relação com a força muscular respiratória e a mobilidade torácica e os resultados mostraram correlação negativa para todas as variáveis nos grupos de sedentários (agrupamento entre PARA-S e TETRA-S). Esses achados provavelmente se explicam pelo fato da lesão medular frequentemente produzir alteração ventilatória restritiva que se agrava quanto mais alto o nível da lesão (Anke et al., 1993; Noreau e Shephard, 1995; Winslow e Rozovsky, 2003).

Além do nível da lesão, Gass et al., (1980) referem que a redução da função respiratória em lesados medulares, também está relacionada com um estilo de vida inativo, o que pode acarretar importantes complicações clínicas como o desenvolvimento de pneumonias, atelectasias e infecções respiratórias (Carter, 1987; Aito, 2003). Neste sentido, a prática de atividades físicas e esportivas tem sido incentivada como um meio de promoção de saúde para esta população (Scelza et al., 2005).

A implementação de exercícios físicos como parte integrante dos programas de reabilitação de lesados medulares, tem sido um recurso

importante no tratamento ou prevenção das disfunções pulmonares desses pacientes, sendo enfatizado o treinamento com membros superiores (Hicks et al., 2003), uma vez que alguns grupos musculares atuam também como acessórios da respiração e não somente para manutenção da posição dos membros e postura.

A avaliação funcional dos músculos respiratórios é importante para melhor julgar o possível grau de disfunção muscular respiratória presente nos indivíduos com lesão medular traumática. Para a avaliação das pressões respiratórias máximas utilizou-se como referência as equações propostas por Neder et al., (1999) e os resultados referentes aos voluntários tetraplégicos mostram que, independentemente da aptidão física, todos possuem comprometimento significativo da força muscular expiratória, visto que os valores obtidos encontram-se abaixo do predito.

Já a força muscular inspiratória encontra-se abaixo do predito somente no grupo TETRA-S, não sendo observada diferença entre valores obtidos e preditos no grupo TETRA-A. Esses resultados são justificados pelo fato da lesão medular, na dependência do nível lesionado, comprometer em grau variável os músculos respiratórios, considerando que os principais músculos inspiratórios estão em posição superior, na região cervical, enquanto os expiratórios localizam-se na parte inferior, na coluna toracolombar (Beraldo, 1991). Assim, os músculos expiratórios, invariavelmente, são mais afetados em relação aos inspiratórios, independentemente do nível da lesão nos tetraplégicos. Esses achados são concordantes com os resultados do estudo de Mateus, Beraldo e Horan (2009), que encontraram redução significativa da força muscular inspiratória em voluntários tetraplégicos sedentários, a qual foi

atribuída ao comprometimento das raízes responsáveis pela inervação do músculo diafragma como citado anteriormente.

Em relação à mobilidade torácica, a escassez de referências na literatura sobre valores preditos, dificulta a análise desta variável no que se refere aos voluntários apresentarem-se dentro dos valores de normalidade ou não. Entretanto, Carvalho (1994) refere valores entre 6 e 7 cm como normais e que as medidas entre 3 e 4 cm, as quais correspondem a uma redução em média de 20% do normal, podem ser aceitas como o limite inferior de normalidade. Neste sentido, os valores encontrados nos voluntários tetraplégicos, mostraram-se bem abaixo do esperado, representando uma redução importante da mobilidade torácica, podendo estar relacionada ao fato de que com a lesão medular, ocorrer instalação da espasticidade aliada à rigidez dos ligamentos e tendões das articulações da caixa torácica (Estenne e De Troyer, 1986; De Troyer, Estenne e Vincken, 1986), tornando assim, o gradil torácico rígido, desfavorecendo a mecânica respiratória.

Na comparação inter-grupos, observou-se que tanto a força muscular respiratória, como a mobilidade torácica apresentaram-se significativamente maiores no grupo de atletas tetraplégicos quando comparadas ao grupo de sedentários tetraplégicos. Esses resultados suportam a hipótese da existência de efeitos benéficos do treinamento físico pela prática desportiva em cadeira de rodas sobre a função respiratória desses sujeitos, e provavelmente se justificam pelo fato do nível da lesão dos voluntários, permitir a preservação da função de músculos acessórios da respiração (De Troyer e Estenne, 1984; Estenne e De Troyer, 1985).

Dependendo do nível e da extensão da lesão medular, os músculos escalenos, esternocleidomastóideo, trapézio e peitoral maior podem contribuir para a ventilação pulmonar (De Troyer e Heilporn, 1980). Na tetraplegia, ocorre atividade eletroneuromiográfica dos escalenos com movimento do tórax superior (Danon et al., 1979). Os músculos esternocleidomastóideo e trapézio, originados na clavícula e no esterno e com inserção no processo mastóideo, quando contraídos elevam a região superior do gradil torácico, no momento em que o ponto fixo é o mastóideo. No tetraplégico, esses músculos encontram-se preservados por serem inervados pelo plexo cervical, através de nervo acessório, X par craniano (De Troyer e Estenne, 1986; Estenne et al., 1989; Estenne e De Troyer, 1990). Assim, em virtude dos efeitos do treinamento físico, pode ter ocorrido remodelação com adaptações estruturais e metabólicas dos mesmos diante da sobrecarga exigida pelo exercício físico.

Reforçando os achados, Yim et al. (1993), 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 de ombro. Associado a isto, Lake et al. (1990) sugerem que os músculos da cintura escapular, nos quais incluem-se 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, e que o tempo de treinamento teve relação com a PImáx e a mobilidade torácica axilar, os resultados sugerem que esta

atividade esportiva pode ter impacto positivo sobre a função respiratória de atletas tetraplégicos.

Quando analisados os grupos de paraplégicos, os resultados indicaram que tanto para o grupo de PARA-S como para o grupo de PARA-A, a $PI_{m\acute{a}x}$ encontrava-se dentro dos valores de normalidade e a $PE_{m\acute{a}x}$ mostrou-se significativamente inferior em relação aos valores preditos, caracterizando redução da força muscular expiratória. Esses resultados podem ser justificados pelo nível do comprometimento proporcionado pela lesão medular nos voluntários paraplégicos, uma vez que as raízes de C3-C5, responsáveis pela inervação do diafragma, o principal músculo inspiratório, encontram-se íntegras nesses indivíduos, preservando, portanto, a força muscular inspiratória (Winslow e Rozovsky, 2003).

Os resultados referentes à força muscular expiratória podem ser explicados pelo comprometimento das raízes que originam a inervação dos músculos intercostais internos (T1-T11), reto abdominal (T6-T12), transverso abdominal (T2-L1) e oblíquos interno e externo (T6-L1), os quais são ativados na expiração forçada máxima (Sannohe, 1996; Lissens e Vanderstraeten, 1996; Howard et al., 1998; Rutchik et al., 1998), e concordam com os achados de Mateus, Beraldo e Horan (2009), que evidenciaram em paraplégicos, valores de $PE_{m\acute{a}x}$ abaixo dos preditos estabelecidos para população sem lesão medular.

Assim, os resultados indicam que existe impacto negativo do nível da lesão sobre a força muscular expiratória, e que as demais variáveis estudadas encontram-se dentro ou próximas dos valores de normalidade. Esses resultados possivelmente se explicam pelo nível da lesão, onde o maior

comprometimento encontra-se nos músculos expiratórios, estando preservadas as estruturas envolvidas com as demais variáveis estudadas.

Sobre a mobilidade torácica, os valores encontrados nos paraplégicos parecem não sofrer influência negativa importante advinda da lesão medular, uma vez que tanto nos sedentários como nos jogadores de basquetebol sobre cadeira de rodas, os mesmos encontravam-se acima do limite inferior de normalidade estabelecido para população saudável segundo Carvalho (1994), ou seja, acima de três cm.

Com relação aos efeitos da prática de exercícios físicos, quando comparados os valores obtidos relacionados a força muscular respiratória e a mobilidade torácica, não foram encontradas diferenças entre os paraplégicos sedentários e os jogadores de basquetebol sobre cadeira de rodas, mostrando que o exercício não promoveu adaptações na amostra estudada. Corroborando esses resultados, verificou-se ainda que não existe correlação entre o tempo de treinamento e as variáveis respiratórias.

Assim, esses achados talvez possam ser atribuídos ao fato dos voluntários já apresentarem os valores das pressões respiratórias máximas e da cirtometria dentro ou próximo da normalidade, entretanto, devemos ressaltar a limitação de não ter uma avaliação dessas variáveis, prévia a iniciação da prática esportiva.

A modulação autonômica da FC foi estudada nos voluntários do grupo controle e dos grupos de paraplégicos. Para isto foi utilizada a análise não linear da VFC através da ES e ECC, verificando-se que o grupo PARA-S apresentou menor complexidade da série temporal dos iR-R comparado aos grupos GC e PARA-A.

Goldberger (1996) relata que reduções nos índices de complexidades na análise da VFC, podem ser consideradas marcadores de situações patológicas no organismo. Entretanto, deve-se ressaltar que diferentemente dos métodos lineares, interpretações fisiológicas e patológicas associadas às alterações dos índices não-lineares ainda são incipientes e amplamente desconhecidas.

A avaliação da modulação autonômica da FC através dos modelos não lineares baseados na ES e ECC, revelou menor complexidade da série temporal dos iR-R para o grupo PARA-S comparado ao GC. Esses achados são concordantes com os de Merati et al. (2006), que aplicando análise não linear em dados obtidos de voluntários lesados medulares sedentários, observou uma menor complexidade da série temporal dos iR-R quando comparado aos voluntários sem lesão. Os autores justificam que estes achados podem refletir um incremento compensatório da modulação simpática sobre o coração, secundário à limitação do controle autonômico vascular.

Um achado que também deve ser ressaltado, é o possível benefício promovido pelo exercício físico com relação à modulação autonômica da FC, visto que o grupo PARA-A apresentou maiores valores para os índices de ES e ECC, e menores valores com relação ao padrão 0V, indicando uma maior complexidade e menor modulação simpática da série temporal dos iR-R respectivamente. Outra diferença significativa encontrada foi o maior valor referente ao padrão 2VS no grupo PARA-A comparado ao PARA-S, considerando que os padrões com duas variações estão mais relacionados à modulação parassimpática (Guzetti et al., 2005).

Estudos avaliando os efeitos do exercício físico no controle autonômico da FC de lesados medulares, utilizando modelos não-lineares, não foram encontrados na literatura pesquisada, entretanto, no que se refere a sujeitos saudáveis e sem lesão medular. Carter, Banister e Blaber (2003b) encontraram um aumento da VFC, com conseqüente aumento na modulação parassimpática e redução na modulação simpática após 12 semanas de treinamento de endurance em adultos jovens, e Verlinde et al. (2001), analisaram as características da VFC em um grupo de atletas de endurance e em um grupo de voluntários com estilo de vida sedentário, e encontraram uma maior modulação do sistema nervoso autônomo principalmente relacionado ao componente parassimpático no grupo de atletas.

Nos dois estudos, os autores atribuem à melhor modulação autonômica da FC aos diversos fatores adaptativos promovidos pelo treinamento físico, os quais incluem adaptações bioquímicas, estruturais, metabólicas, hormonais e neurais (Verlinde et al., 2001; Carter, Banister e Blaber, 2003b).

Em suma, os resultados deste estudo são promissores, mas algumas limitações devem ser colocadas. O desenho ideal de estudo, ou seja, randomizado com experimentação controlada, não foi possível devido ao fato de no início do protocolo experimental, os voluntários dos grupos de jogadores já praticarem o esporte há no mínimo 6 meses.

Outra limitação importante foi a impossibilidade de se avaliar a VFC nos voluntários tetraplégicos devido a não autorização dos responsáveis pelo instituto onde esses voluntários foram triados, o que enriqueceria e provavelmente contribuiria com informações essenciais para o trabalho.

No entanto, apesar das limitações, no grupo de tetraplégicos observaram-se maiores valores das variáveis respiratórias nos atletas de rúgbi, e nos paraplégicos, um melhor controle autonômico da FC nos jogadores de basquetebol, sugerindo um efeito benéfico do exercício físico sobre variáveis cardiorrespiratórias de lesados medulares. Assim, outros estudos devem ser conduzidos no sentido de obter-se mais informações sobre o efeito do treinamento físico pela a prática esportiva em cadeira de rodas sobre a função respiratória e a modulação autonômica da FC em paraplégicos e tetraplégicos.

6 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que lesados medulares apresentam alterações da função respiratória, as quais se agravam quanto mais alto o nível da lesão. Em contrapartida, o treinamento físico parece exercer influência positiva sobre a força muscular respiratória e a mobilidade torácica dos voluntários com maior comprometimento respiratório, tornando-se mais evidentes nos tetraplégicos.

O estudo também sugere que voluntários paraplégicos possuem menor complexidade da série temporal do iR-R comparados a indivíduos saudáveis sem lesão medular, porém, o exercício físico aparenta contribuir para o aumento da complexidade da série temporal dos iR-R e da modulação parassimpática, e para a redução da modulação simpática.

REFERÊNCIAS*

Aito S. Complications during the acute phase of traumatic spinal cord lesions. *Spinal Cord*. 2003; 41: 629-635.

Abel T, Platen P, Rojas Vega S, Schneider S, Strüder HK. Energy expenditure in ball games for wheelchair users. *Spinal Cord*. 2008; 46: 785-790.

Anke A, Aksnes AK, Stanghelle JK, Hjeltnes N. Lung volumes in tetraplegic patients according to cervical spinal cord injury level. *Scand J Rehabil Med* 1993; 25: 73-77.

Beraldo PSS. Função Pulmonar na Lesão Medular Traumática Alta. In: Tavares P, editor. *Atualizações em Fisiologia-Respiração*. 1.ed ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora Cultura Médica Ltda; 1991. 73-85.

Black FL, Hyatt ER. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969; 99(5): 696-702.

Bunten DC, Warner AL, Brunnemann SR, Segal JL. Heart rate variability is altered following spinal cord injury. *Clinical Autonomic Research*. 1998; 8: 329-334.

Carter JB, Banister EW, Blaber AP. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Med*. 2003a; 33(1): 33-46.

Carter JB, Banister EW, Blaber AP. The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. *Med Sci. Sports Exerc*. 2003b; 35(8): 1333-1340.

Carter RE. Respiratory aspects of spinal cord injury management. *Paraplegia*. 1987; 25: 262–266.

Carvalho, A. *Semiologia em reabilitação*. São Paulo: Atheneu, 1994.

Claydon VE, Krassioukov AV. Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2008; 294: 668-678.

Costa, D. *Fisioterapia Respiratória Básica*. São Paulo; Atheneu, 1999.

Danon J, Druz WS, Goldberg NB, Sharp JT. Function of the isolated paced diaphragm and the cervical accessory muscles in C1 quadriplegics. *Am Rev Respir Dis* 1979; 119(6):909-919.

De Troyer A, Heilporn A. Respiratory mechanics in quadriplegia. The respiratory function of the intercostal muscles. *Am Rev Respir Dis* 1980; 122(4):591-600.

* Baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors - Grupo de Vancouver; 2005. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

- De Troyer A, Estenne M. Coordination between rib cage muscles and diaphragm during quiet breathing in humans. *J Appl Physiol* 1984; 57(3):899-906.
- De Troyer A, Estenne M, Vincken W. Rib cage motion and muscle use in high tetraplegics. *Am Rev Respir Dis* 1986; 133(6):1115-1119.
- De Troyer A. Respiration mechanics in tetraplegia. *Bull Mem Acad R Med Belg*. 1997; 152: 91-97.
- Estenne M, De Troyer A. Relationship between respiratory muscle electromyogram and rib cage motion in tetraplegia. *Am Rev Respir Dis* 1985; 132: 53-59.
- Estenne M, De Troyer A. The effects of tetraplegia on chest wall statics. *Am Rev Respir Dis* 1986; 134(1):121-124.
- Estenne M, Knoop C, Vanvaerenbergh J, Heilporn A, De Troyer A. The effect of pectoralis muscle training in tetraplegic subjects. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139(5):1218-1222.
- Estenne M, De Troyer A. Cough in tetraplegic subjects: an active process. *Ann Intern Med* 1990; 112(1):22-28.
- Furlan JC, Fehlings MG, Shannon P, Norenberg MD, Krassioukov AV. Descending vasomotor pathways in humans: correlation between axonal preservation and cardiovascular dysfunction after spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 2003; 20: 1954-1363.
- Gass GC, Watson J, Camp EM, Court HJ, McPherson LM, Redhead P. The effects of physical training on high level spinal lesion patients. *Scand J Rehabil Med* 1980; 12: 61-65.
- Garshick E, Kelley A, Cohen SA, Garrison A, Tun CG, Gagnon D et al. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2005; 43: 408-416.
- Goldberger AL. Non-linear dynamics for clinicians: chaos theory, fractals, and complexity at the bedside. *Lancet*, 1996; 347: 1312-1314.
- Goosey-Tolfrey V, Castle P, Webborn P. Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. 2006; 40: 684-687.
- Guttmann L. Sport and the spinal cord sufferer. *Nursing Mirror and Midwives Journal*. 1975; 141: 64-65.
- Guttmann L. Significance of sport in rehabilitation of spinal paraplegics and tetraplegics. *Journal of the American Medical Association*. 1976; 236: 195-197.

Guzzetti S, Borroni E, Garbelli PE, Ceriani E, Della Bella P, Montano N, et al. Symbolic dynamics of heart rate variability: a probe to investigate cardiac autonomic modulation. *Circulation*. 2005; 112(4): 465-70.

Guzzetti S, Mezzetti S, Magatelli R, Porta A, Angelis G, Rovelli G, et al. Linear and non-linear 24h heart rate variability in chronic heart failure. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. 2000; 86: 114-119.

Hicks AL, Martin KA, Ditor DS, Latimer AE, Craven C, Bugaresti J, et al. Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. *Spinal Cord*. 2003; 41: 34-43.

Hopman MT, Van der Woude LH, Dallmeijer AJ, Snoek G, Folgering HT. Respiratory muscle strength and endurance in individuals with tetraplegia. *Spinal Cord*. 1997; 35: 104-08.

Huonker M, Schmid A, Sorichter S, Schmidt-Trucksäb A, Mrosek P, Keul J. Cardiovascular differences between sedentary and wheelchair-trained subjects with paraplegia. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1998; 30(4): 609-613.

Lake FR, Henderson K, Briffa T, Openshaw J, Musk AW. Upper-limb and lower-limb exercise training in patients with chronic airflow obstruction. *Chest*. 1990; 97: 1077-1082.

Linn WS, Adkins RH, Gong H Jr, Waters RL. Pulmonary function in chronic spinal cord injury: a cross-sectional survey of a large southern California outpatient population. *Arch Phys Med Rehabil*, 2000; 81: 757-63.

Lissens MA, Vanderstraeten GG. Motor evoked potentials of the respiratory muscles in tetraplegic patients. *Spinal Cord*. 1996; 34(11): 373-378.

Mateus SRM, Beraldo PSS, Horan TA. Maximal static mouth respiratory pressure in spinal cord injured patients: correlation with motor level. *Spinal Cord*. 2007; 45(8): 569-575.

Merati G, Di Rienzo M, Parati G, Veicsteinas A, Castiglioni P. Assessment of the autonomic control of heart rate variability in healthy and spinal-cord injured subjects: contribution of different complexity-based estimators. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2006; 53(1): 43-52.

Moreno MA, Catai AM, Teodori RM, Borges BLA, Cesar MC, Silva E. Efeito de um programa de alongamento muscular pelo método de Reeducação Postural Global sobre a força muscular respiratória e a mobilidade toracoabdominal de homens jovens sedentários. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 2007; 33(6): 679-689.

Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med and Biol Res*. 1999; 32(6): 719-27.

Noreau L, Shephard RJ. Spinal Cord injury, exercise and quality of life. *Sports Med* 1995; 20: 226-250.

Paolillo FR, Paolillo AR, Cliquet-Jr A. Respostas cardio-respiratórias em pacientes com traumatismo raquimedular. *Acta Ortop Bras.* 2005; 13(3): 149-152.

Pardini R, Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade E, Braggion G, et al. Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ – versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. *Rev Bras Ciên e Mov.* 2001. 9(3): 45-51.

Paulin E, Brunetto F, Carvalho CRF. Efeitos de programa de exercícios físicos direcionado ao aumento da mobilidade torácica em pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica. *J Pneumol.* 2003; 29(5): 287-94.

Pineda JOC. A entropia Segundo Claude Shannon: o desenvolvimento do conceito fundamental da teoria da informação [dissertação]. São Paulo: UCSP; 2006.

Porta A, Baselli G, Liberati D, Montano N, Cogliati C, Gneccchi-Ruscione T, et al. Measuring regularity by means of a corrected conditional entropy in sympathetic outflow. *Biological Cybernetics.* 1998; 78: 71-78.

Porta A, Guzzetti S, Montano N, Furlan R, Pagani M, Malliani A, et al. Entropy, Entropy Rate, and Pattern Classification as Tools to Typify Complexity in Short Heart Period Variability Series. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2001. 48(11): 1282-91.

Porta A, Tobaldini E, Guzzetti S, Furlan R, Montano N, Gneccchi-Ruscione T. Assessment of cardiac autonomic modulation during graded head-up tilt by symbolic analysis of heart rate variability. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007; 293(1): H702-8.

Roth EJ, Lu A, Primack S, Oken J, Nussbaum S, Berkowitz M, et al. Ventilatory Function In Cervical And High Thoracic Spinal Cord Injury: Relationship to Level of Injury and Tone. 1997; 76(4): 262-267.

Rutchik A, Weissman AR, Almenoff PL, Spungen AM, Bauman WA, Grimm DR. Resistive inspiratory muscle training in subjects with chronic cervical spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998; 79(3): 293-297.

Sannohe A, Harata S, Ueyama K, Ito J, Sato T, Tian W et al. The prognosis and the treatment of patients with a C3/4 spinal cord injury. *Spinal Cord.* 1996; 34(8): 486-487.

Scelza WM, Kalpakjian CZ, Zemper ED, Tate DG. Perceived barriers to exercise in people with spinal cord injury. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2005; 84(8): 576-583.

Silva FB, Sampaio LMM, Carrascosa AC. Avaliação fisioterapêutica dos sistemas mastigatórios e respiratório de um portador de síndrome otodental: um estudo de caso. *Rev Bras Fisioter.* 2006; 10(1): 133-36.

Soden RJ, Walsh J, Middleton JW, Craven ML, Rutkowski SB, Yeo JD. Causes of death after spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2000; 38: 604-610.

Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Pneumol.* 2002; 28(Supl 3): 155-65.

Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal.* 1996; 17: 354-381.

Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Brouwer B. Mecanismos e medidas de espasticidade. *Rev Fisioter da Univ São Paulo.* 1998; 5(1): 4-19.

Valent L, Dallmeijer A, Houdijk H, Talsma E, van der Woude L. The effects of upper body exercise on the physical capacity of people with a spinal cord injury: a systematic review. *Clinical Rehabilitation.* 2007; 21: 315–330.

Verlinde D, Beckers F, Ramaekers D, Aubert AE. Wavelet decomposition analysis of heart rate variability in aerobic athletes. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical.* 2001; 90: 138–141.

Wilmore JH, Costill DL. *Fisiologia do esporte e do exercício.* 2.ed. Brasil; Manole, 2001.

Winslow C, Rozovsky J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003; 82: 803-814.

Yim SY, Cho KJ, Park CI, Yoon TS, Han DY, Kim SK, et al. Effect of wheelchair ergometer training on spinal cord-injured paraplegics. *Yonsei Medical Journal.* 1993; 34(3): 278-286.

ANEXO 1

PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIMEP



CEP-UNIMEP
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado "**Efeito da prática regular de atividade física sobre variáveis cardiorespiratórias de lesados medulares**", sob o protocolo nº 55/08, do Pesquisador **Prof.ª Dr.ª Marlene Aparecida Moreno**, está de acordo com a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/1996, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.

We certify that the research project with title "**Effect of the physical activity on cardiorespiratory variables in persons with spinal cord injury**", protocol nº 55/08, by Researcher **Prof.ª Dr.ª Marlene Aparecida Moreno**, is in agreement with the Resolution 196/96 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.

Piracicaba, SP, Brazil, 17, december, 2008.

Prof.ª, Dr.ª, Telma Regina de P. Souza
Coordenadora CEP – UNIMEP

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Faculdade de Ciências da Saúde
Programa de Mestrado em Fisioterapia



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto de Pesquisa: Efeito da prática regular de atividade física sobre variáveis cardiorrespiratórias de lesados medulares.

Este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica e objetiva verificar a influência da prática de atividade física regular sobre variáveis cardiorrespiratórias de lesados medulares.

Serão estudados voluntários portadores de lesão medular, com idade entre 20 e 40 anos, do gênero masculino, divididos em: dois grupos de lesados medulares sedentários (PARA-S e TETRA-S), compostos por lesados medulares com padrão de vida sedentário, e dois grupos de voluntários lesados medulares ativos (PARA-A e TETRA-A), compostos por lesados medulares praticantes de atividades físicas desportivas regulares sobre cadeiras de rodas.

A inclusão dos voluntários nesta pesquisa dependerá dos seguintes critérios: não tabagistas; não etilistas; não usuários de drogas que causem dependência química; ausência de anormalidades do sistema cardiovascular e respiratório e ausência de alterações metabólicas. Para os grupos controle, não praticar atividade física regular, e para os grupos ativos, treinar regularmente com a equipe desportiva selecionada há pelo menos três meses.

Para todos os voluntários será preenchida uma ficha de avaliação sobre questões que identifiquem qualquer manifestação clínica ou eventuais patologias que contra-indiquem sua participação nas avaliações subsequentes.

Após a anamnese, serão submetidos a testes específicos no local onde comumente são realizados os treinos ou no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e de Provas Funcionais da UNIMEP, que consta da

medida das pressões respiratórias máximas (PI_{máx} e PE_{máx}), pressão inspiratória nasal, espirometria, cirtometria torácica (axilar e xifoideana) e a captação da variabilidade da frequência cardíaca, tendo como respectivos objetivos avaliar a força muscular respiratória, função pulmonar, mobilidade torácica, e modulação autonômica da frequência cardíaca em repouso e durante a manobra de arritmia sinusal respiratória (ASR).

Como nos procedimentos experimentais desta pesquisa não serão utilizadas drogas medicamentosas, nem procedimentos invasivos, não existem riscos previsíveis claros. No entanto, se ocorrem riscos imprevisíveis que possam produzir danos aos voluntários, os mesmos serão indenizados na forma da lei.

Os voluntários serão ressarcidos pelo pesquisador caso tenham algum gasto adicional que se fizer necessário para a participação do mesmo na pesquisa.

As informações obtidas durante a pesquisa serão mantidas em sigilo, no entanto, serão usadas para fins de publicações científicas com resguardo da identidade e da privacidade do voluntário.

Os voluntários poderão retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo sem penalização ou prejuízo algum.

Piracicaba, de de

Profa. Dra. Marlene Aparecida Moreno
Pesquisadora responsável
CPF: 095.976.968-43

Fui esclarecido e entendi todas as informações precedentes contidas neste termo, sendo que dúvidas futuras que possam surgir serão prontamente esclarecidas pelo pesquisador.

.....
Voluntário da pesquisa
CPF:

APÊNDICE 2

FICHA DE AVALIAÇÃO

Pesquisador: _____

Grupo: _____

Data: ___/___/___

Horário: _____

I - DADOS PESSOAIS

Nome: _____ Sexo: M () F ()

Nascimento: ___/___/___

Idade: _____

Cidade: _____

Estado _____

Estado civil: _____

Escolaridade: _____

Profissão: _____

CPF: _____ RG: _____

Telefones para contato: () _____

() _____

Endereço para contato:

E-mail: _____

II - ANAMNESE

Data da lesão:

Nível da lesão:

Etiologia:

É fumante atualmente?

sim Cigarros/dia: _____

Há quanto tempo? _____

não

Já fumou antes?

sim Cigarros/dia: _____

Período como fumante: _____

Quando parou? _____

não

Ingere bebida alcoólica atualmente?

sim destilados fermentados ambos

Quantidade: _____ Frequência semanal: _____

Há quanto tempo? _____ não

Já ingeriu bebida alcoólica antes?

sim destilados fermentados ambos

Quantidade: _____ Frequência semanal: _____

Há quanto tempo? _____ não

Faz algum tipo de dieta alimentar?

sim Tipo? _____ Há quanto tempo? _____

não

III - ATIVIDADE FÍSICA

Modalidade: _____

_____ vezes na semana.

_____ horas na semana

Treina há _____ meses.

Realiza fisioterapia?

____ vezes na semana ____ horas na semana.

Há quanto tempo? _____

IV - DADOS CLÍNICOS

Apresenta alguma doença respiratória (asma, bronquite, etc)?

() sim Qual? _____

Há quanto tempo? _____ Tratamento: _____

() não

Apresenta alguma doença não relacionada com antecedentes familiares?

() sim Qual? _____

Há quanto tempo? _____ Tratamento: _____

() não

Faz uso de medicamentos ? () sim () não

MEDICAMENTO	DOSAGEM	QUANTO TEMPO

Já foi submetido a algum procedimento cirúrgico ?

() sim Qual(s)? _____ Data: _____

() não

V - SINAIS E SINTOMAS

Sente falta de ar (dispnéia)?

CONDIÇÃO	SIM/NÃO	SITUAÇÕES	DURAÇÃO
Repouso deitado			
Repouso sentado			
Atividade física leve			
Atividade física moderada			
Esforços extenuantes			
Outros			

Existem outras observações sobre sua saúde que não foram apresentadas acima?

() sim Quais ? _____
 () não

VI - EXAME FÍSICO**SINAIS VITAIS**

PA		mmHg
FC		bpm
FR		rpm
Padrão respiratório		
Ausculata Pulmonar		

Peso corporal: _____ kg

Altura: _____ cm

IMC = _____

VII – PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS

	1	2	3	4	5	6	7	8
PI máx								
PE máx								

VIII – CIRTOMETRIA

	Axilar	Xifóide
INSPIRAÇÃO	1	1
	2	2
	3	3
EXPIRAÇÃO	1	1
	2	2
	3	3
Diferença	1	1
	2	2
	3	3

ORIENTADORA**PESQUISADORES**
