

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

LUCINAR JUPIR FORNER FLORES

**AVALIAÇÕES AUTONÔMICAS E
CARDIOVASCULARES EM PESSOAS COM LESÃO DA
MEDULA ESPINHAL NAS SITUAÇÕES DE REPOUSO,
EM UM TESTE DE ESTRESSE MENTAL E DURANTE
EXERCÍCIO FÍSICO**

Campinas

2012

LUCINAR JUPIR FORNER FLORES

**AVALIAÇÕES AUTONÔMICAS E
CARDIOVASCULARES EM PESSOAS COM LESÃO DA
MEDULA ESPINHAL NAS SITUAÇÕES DE REPOUSO,
EM UM TESTE DE ESTRESSE MENTAL E DURANTE
EXERCÍCIO FÍSICO**

Tese de Doutorado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Doutor em Educação Física na área de concentração Atividade Física, Adaptação e Saúde.

Orientador: Prof. Dr. José Irineu Gorla

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por Lucinar J. Forner Flores e aprovada pela comissão julgadora em 03/02/2012.


Prof. Dr. José Irineu Gorla
Orientador

**Campinas
2012**

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

F663a Flores, Lucinar Jupir Forner, 1980-
Avaliações autonômicas e cardiovasculares em pessoas com lesão da medula espinhal nas situações de repouso, em um teste de estresse mental e durante exercício físico / Lucinar Jupir Forner Flores. - Campinas, SP: [s.n], 2012.

Orientador: José Irineu Gorla
Tese (doutorado) – Faculdade de Educação Física,
Universidade Estadual de Campinas.

1. Tetraplegia. 2. Consumo de oxigênio. 3. Rugby em cadeira de rodas. 4. Sistema Nervoso Autônomo. 5. Exercício físico. I. Gorla, José Irineu. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital:

Título em inglês: Assessments autonomic and cardiovascular in people with spinal Cord injury in rest, in a test of mental stress and during physical exercise.

Palavras-chaves em inglês:

Tetraplegia

Consumption of oxygen

Wheelchair rugby

Autonomic nervous system

Physical exercise

Área de Concentração: Atividade Física, Adaptação e Saúde.

Titulação: Doutorado em Educação Física.

Banca Examinadora:

José Irineu Gorla [orientador]

Bruno Rodrigues

Maria Cláudia Irigoyen

Edison Duarte

Mara Patrícia Traina Chacon Mikahil

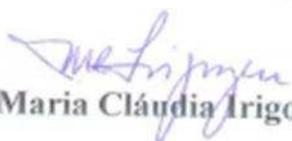
Data da defesa: 03-02-2012

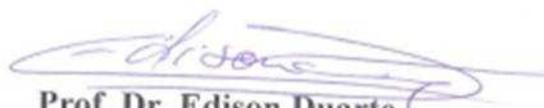
Programa de Pós-Graduação: Educação Física

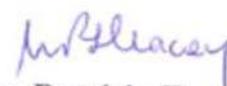
COMISSÃO JULGADORA


Prof. Dr. Jose Irineu Gorla
Orientador


Prof. Dr. Bruno Rodrigues


Profª. Drª. Maria Cláudia Irigoyen


Prof. Dr. Edison Duarte


Profª. Drª. Mara Patrícia Traina Chacon Mikahil

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família pelo pleno apoio, compreensão e incentivo. E a Deus pelas oportunidades e indicações das escolhas em minha vida!

AGRADECIMENTOS

Tenho uma lista enorme e com certeza alguém ficará de fora por meu esquecimento, mas estará dentro do meu coração. Acredito que isto seja indicativo de quanto às pessoas que me acolhem são colaboradoras, solícitas e de pensamentos positivos.

AGRADEÇO:

À minha família: Ieda minha esposa querida, pelo seu apoio incondicional durante toda a jornada. Assumindo ainda mais responsabilidades (de esposa, mãe e trabalho) para que eu pudesse cumprir minhas tarefas. À minha filha Maria Paula com suas frases de amor e carinho. Ao meu filho Heitor, que nasceu no meio desta fase e que nos preocupou com seu probleminha renal, que Deus fez questão de curá-lo ao passar dos seus 16 meses de vida. À Nilva minha mãezinha batalhadora! Não conhecerei uma mulher mais forte que ela nesta vida! Meu muito obrigado por toda a educação e jeito forte de ser! Ao Janerson, meu mano, que me aguenta nos meus dias de “estresse” e me diverte com suas histórias da engenharia mecânica automotiva... “fuscas”! Ao meu eterno pai (Orlades R. Flores) que me acompanha espiritualmente em todos os lugares.

Aos meus familiares próximos: Sr. Gasperini, Dona Vilma (meus sogros), meus cunhados, cunhadas e sobrinhos: Jair e Sandra (Gabi e Guga); Gilmar e Edna (Isadora) e ao Kiko (Pedrinho). Meus irmãos por parte de pai: Nara e Luciano que deram origem ao meu nome e suas respectivas famílias (Tais e cia). Meus tios mais próximos: Tio Márcio e tia Juce (Jony e Júnior primos), Tio Ade e Tia Eri, seus filhos e netos; e aos Tios Joãozinho e Terezinha. Meus avós: nono Gotardo Forner e a vó Nadir Flores e suas respectivas famílias.

Ao Prof. Dr. José Irineu Gorla pela confiança e orientação, além da paciência, abrigo, caronas etc...suas frases e sua história serão fundamentais para meu desenvolvimento acadêmico, familiar e pessoal. A todos os professores da FEF em especial Dr. José Julio Gavião, Dr. Edison Duarte e Dr. Paulo Ferreira de Araújo.

Aos professores que colaboraram com este estudo: Dr. Bruno Rodrigues, Dr^a. Maria Cláudia Irigoyen, Dr^a. Mara Patrícia, Dr^a. Kátia De Angelis, Dr. Cristiano Mostarda, Dr

Wilson Nadruz, Dr. Alberto Cliquet Jr., Dr. João Paulo Borin e a Prof^a. Ms. Juliana Francica além é claro, de seus respectivos grupos, com que tive contato neste período.

A todos os colegas do laboratório de atividade motora adaptada (LAMA), principalmente ao Felipe, Pena, Rafael e depois Luisinho, que se tornaram “irmãos mais novos”. Também agradeço ao Fábio, Mateus, Leonardo e ao Tiago. E um agradecimento especial ao Anselmo, que foi um dos responsáveis do meu ingresso à UNICAMP. As “meninas” que sempre estavam para colaborar: Marília, Natacha, Jacke, Fábria, Andréia, Priscila, Mari, Poliana etc;

Aos membros do Fisex, em especial ao Miguel, Melissa, Sabrina, Cleiton e a Giovanna, pelas colaborações em alguns momentos ou no bate-papo simples.

Aos nossos atletas do Rugby em Cadeira de Rodas: Luís, Alexandre, Bruno, Giuriato, Armando, Fábio, Washington, Fernando, Wellington, e Adilson, caracterizados como a perseverança e não desistência dos seus objetivos nas adversidades. Aos demais participantes das equipes de esporte adaptado e para-esportes da UNICAMP e em outras instituições que eu convivi neste período.

Aos meus colegas professores da UNIPAR-Toledo quando ingressei em 2009 no doutorado (principalmente ao Décio Calegari- que me indicou a possibilidade da UNICAMP, Gilberto Pereira, Betinho e a Aline Strapasson) e aos atuais colegas professores da UNIOESTE que me auxiliaram no dia a dia (especialmente Luís Peres, Ari, Spock, Evandra, Edilson Hobold, Madureira e suas respectivas famílias).

Aos meus acadêmicos que tiveram paciência neste período e com certeza torceram pelo final desta etapa.

Aos meus amigos de Santa Helena, Marechal C. Rondon, Toledo, Foz do Iguaçu e Cascavel pelos auxílios nos diversos momentos. Aos “*brothers*” especiais Renato Rohsler, Gustavo Brandão, Jacir, equipe bike-escola, grupo amigos do pedal, e alguns participantes do bloco Skamundongos, além de suas respectivas famílias.

Aos colaboradores da FEF de todos os setores e a todos que contribuíram de alguma forma com este trabalho neste período de 31 meses.

MUITO OBRIGADO!!!

EPÍGRAFES

“Talvez eu tenha muita sorte mesmo, mas podem ter certeza, de que quanto mais eu treinar, mais sorte eu terei!” **Airton Senna;**

“Enquanto muitos falam e escrevem sobre a minha sorte, eu estou no treino!” **Tiger Woods;**

“É preferível lapidar até a exaustão um talento médio (e determinado) do que tentar polir o talento preguiçoso.” **Bernardinho;**

“Gênio é 1% inspiração e 99% transpiração.” **Thomas Edison;**

“O único lugar aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.” **Albert Einstein;**

“A dor e o sofrimento são passageiros, podem demorar minutos, horas, dias e meses, mas acabam. Desistir é para sempre.” **Lance Armstrong;**

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim!” **Chico Xavier.**

FLORES, Lucinar J. Forner. AVALIAÇÕES AUTÔNOMICAS E CARDIOVASCULARES EM PESSOAS COM LESÃO DA MEDULA ESPINHAL NAS SITUAÇÕES DE REPOUSO, EM UM TESTE DE ESTRESSE MENTAL E DURANTE EXERCÍCIO FÍSICO. Tese de Doutorado em Educação Física - Faculdade de Educação Física (FEF). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2012.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar as respostas autonômicas e cardiovasculares em pessoas com lesão da medula espinhal (PLME) praticantes de Rugby em Cadeira de Rodas (RCR) em diferentes situações. A amostra foi composta de dez (10) tetraplégicos do sexo masculino com média de idade de $29,6 \pm 6,5$ anos. As coletas foram realizadas na UNICAMP, com a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa sob-protocolo nº 276/2010. Foram realizadas avaliações antropométricas. A potência aeróbia (PA) foi estimada por um teste máximo de quadra com duração de 12 minutos. A Pressão arterial (PAS) verificada pelo método auscultatório e o registro da variabilidade da PAS (VPAS) através do equipamento *Finometer*[®] (*Finapress*[®]). Avaliações da VFC foram realizadas com os sujeitos sentados nas cadeiras próprias (repouso, estresse mental e exercício). O *Stroop Test* foi utilizado como teste de estresse mental (TEM). Para o registro de informações da VFC foi usado o frequencímetro modelo RS800CX-POLAR[®] e posteriormente foi utilizado o software da Polar[®] para análise dos dados. Os dados foram apresentados em média±desvio padrão. Para análise estatística foi utilizado o software INSTAT[®]. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos para diferenças entre situações de avaliação. O tempo de lesão medular foi de $7,5 \pm 4,1$ anos. Quanto à massa corporal e estatura dos sujeitos, foi verificada média de $64,5 \pm 6,2$ kg e $1,75 \pm 0,09$ m. O índice de massa corporal foi de $21 \pm 1,4$ kg/m². Já o percentual de gordura (DXA) foi de $21 \pm 5,4\%$. O valor médio da distância percorrida no teste de 12 min, para a estimativa da PA foi de $1579,5 \pm 439,1$ m. O valor médio para a PA estimada correspondeu a $18,03 \pm 8,1$ ml/kg/min⁻¹. Valores de FC e PAS foram significativamente maiores ao final do teste de 12 min quando comparados aos valores de repouso e recuperação. Resultados de FC ao longo do teste de estresse mental revelaram-se maiores que os valores de FC iniciais do registro. A PAS não apresentou diferenças entre as avaliações de repouso e estresse mental, assim como os valores de VFC não apresentaram diferenças significativas nestas situações. Valores do balanço autonômico da VFC também não apresentaram diferenças quando comparado valores iniciais e no teste de estresse mental (BF, AF e BF/AF). Já em exercício a VFC apresentou diferenças, assim como os valores de BF, AF e BF/AF quando comparado aos valores pré e pós exercício. A VPAS apresentou-se reduzida pós exercício físico, assim como a PASist e o índice de BF quando comparados aos valores pré exercício físico. Estes resultados indicam que a amostra estudada apresenta potência aeróbia dentro da normalidade para esta população. O % de gordura foi menor do que outros estudos com tetraplégicos. Ocorreram alterações durante o exercício físico nos componentes da VFC e VPAS semelhantes aos de outros estudos com tetraplégicos – (repouso x TEM x pós exercício físico). Há indícios de menores prejuízos neste grupo estudado em relação aos danos no controle autonômico da circulação, provavelmente por esta amostra participar de programa de treinamento físico.

Palavras-chaves: Tetraplegia, Consumo máximo de oxigênio, Rugby em cadeira de rodas, Sistema nervoso autônomo, Exercício físico.

FLORES, Lucinar J. Forner. AUTONOMIC AND CARDIOVASCULAR EVALUATION WITH PEOPLE WITH SPINAL CORD INJURY IN RESTING SITUATION, IN A TEST OF MENTAL STRESS AND DURING EXERCISE. Doctoral Thesis in Physical Education - College of Physical Education (CPE). Campinas State University (UNICAMP), Campinas, 2012.

ABSTRACT

The purpose of this work was to evaluate the autonomic and the cardiovascular responses in people with spinal cord injury (PLME) the players of Wheelchair Rugby (RCR) in different situations. The sample was composed of ten (10) tetraplegics male. The samples were collected in Campinas, with the approval of the Committee of Ethics in the Research with the protocol 276/2010. In this work was performed anthropometric evaluation. The aerobic power (AP) was estimated by a max court test that didn't exceed 12 minutes. The blood pressure (BP) verified by auscultation and registration of the BP variability (BPV) through an equipment called Finometer[®] (Finapress[®]). The evaluation of heart rate variability (HRV) were made with the individuals sitting on their chairs (rest, mental stress test and exercise). The Stroop Test was used as a test of mental stress. For recording of information of the HRV was used frequency counter model RS800CX-POLAR[®] and afterward was used Polar[®] software for data analysis. The data were expressed as average \pm standard deviation. To the statistical analysis was performed using the INSTAT[®] software. p values <0.05 were considered statistically significant differences between the situations of evaluation. The average age of the individuals was 29.6 ± 6.5 years old and the time of spinal cord injury was 7.5 ± 4.1 years. As for weight and height of them, there was an average of 64.5 ± 6.2 kg and 1.75 ± 0.09 m. The body mass index was 21 ± 1.4 kg/m². The fat percentage (DXA) was $21 \pm 5.4\%$. Results revealed that the test for 12 min, the distance rode to the PA estimate was 1579.5 ± 439.1 m. It was verified that the estimated value of AP is 18.03 ± 8.1 ml/kg/min-1. The HR and the BP values were significantly higher at the end of the test 12 min when compared to the values of resting and recovery. The results of FC along the mental stress test, proved to be larger than the values of initial HR of the record. The BPV did not show differences between the evaluations of rest and mental stress, as well as the values of HRV were not significantly different in these situations. Values of the autonomic balance of the HRV also showed no differences when compared to initial values and mental stress test (LF, AF e LF/HF). In the exercise the HRV presented discrepancies as well as the heart rate variability showed differences as well as the values of LF, HF e LF/HF when compared to pre and post exercise. The VBP presented the reduced as well as SBP and the values of BF compared before and after exercise. These results indicate that the sample presents aerobic power within the normal range for this population. The percentage of fat was lower than other studies with tetraplegics. Changes during exercise in HRV components and BPV similar to other studies with tetraplegics - (resting x TEM x post exercise). We can still consider that exist evidence of minor damage in relation to damage to the autonomic control of circulation, probably because this sample participate in physical training program.

Keywords: tetraplegic, maximum oxygen consumption, wheelchair rugby, autonomic nervous system, exercise.

LISTA DE FIGURAS

Lista de figura da Introdução:

Figura 01- A quadra do Rugby em Cadeira de Rodas.....	46
---	----

Lista de figuras do artigo 02:

Figura 01- Circuito delimitado em quadra para realização do teste de potência aeróbia.....	81
Figura 02- Correlação da classificação funcional e potência aeróbia.....	85

Lista de figuras do artigo 03:

Figura 01- Amostra de sinal do intervalo R-R no software da Polar [®]	100
Figura 02- Esquema do protocolo realizado para avaliação do estresse mental (TEM)..	101
Figura 03- Circuito delimitado em quadra para realização do teste de potência aeróbia.....	102
Figura 04- Registro da PAS batimento a batimento.....	103
Figura 05- Média dos valores do componente de baixa frequência nas situações de repouso, teste de estresse mental (TEM) e exercício físico.....	109
Figura 06- Média dos valores do componente de alta frequência nas situações de repouso, teste de estresse mental (TEM) e exercício físico.....	109
Figura 07- Média dos valores da razão baixa frequência e alta frequência nas situações de repouso, teste de estresse mental (TEM) e exercício físico.....	110

LISTA DE QUADROS

Lista de quadros da Introdução:

Quadro 01- Classificação ASIA para a avaliação da força muscular dos músculos-chave para determinar o nível motor.	32
Quadro 02- Graduação da ASIA para a percepção da dor e do tato leve.....	33
Quadro 03- Classificação da ASIA quanto aos tipos de LME.....	33
Quadro 04- Prejuízos Cardiovasculares em Pessoas com lesão da medula espinhal.....	42

Lista de quadros do artigo 01:

Quadro 05- Sumário dos estudos de pessoas com lesão da medula espinhal e aspectos relacionados a potência aeróbia.....	70
---	----

Lista de quadros do artigo 02:

Quadro 1- Nível de classificação da potência aeróbia (estimada) de Franklin et al. (1990).....	82
Quadro 02- Resumo de estudos de avaliação cardiorrespiratória em tetraplégicos.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabelas da Revisão de Literatura:

Tabela 01- Valores cardiorrespiratórios de paraplégicos.	67
Tabela 02- Valores cardiorrespiratórios de tetraplégicos.	68

Tabelas do artigo 02:

Tabela 01- Características dos sujeitos avaliados.....	80
Tabela 02- Dados antropométricos das pessoas com lesão da medula espinhal.	83
Tabela 03- Resultados e classificação dos sujeitos no teste de potência aeróbia estimada.....	84

Tabelas do artigo 03:

Tabela 01- Características dos sujeitos avaliados.....	98
Tabela 02- Dados antropométricos das pessoas com lesão da medula espinhal.	105
Tabela 03- Dados da composição corporal (DXA) das pessoas com lesão da medula espinhal.	106
Tabela 04- Valores de Pressão arterial em repouso, TEM e recuperação das pessoas com lesão da medula espinhal.	107
Tabela 05- Valores de frequência cardíaca em repouso, TEM e recuperação das pessoas com lesão da medula espinhal.	107
Tabela 06- Valores de frequência cardíaca e de intervalos de pulso em repouso, TEM e durante exercício físico das pessoas com lesão da medula espinhal.	108
Tabela 07- Valores das variáveis no domínio do tempo da VFC nas diferentes situações.	108
Tabela 08- Valores do registro de PAS pré e pós exercício físico.	111
Tabela 09- Valores das variáveis no domínio da frequência da VFC nas diferentes situações estudadas.....	112

LISTA DE ABREVIATURAS

%G- Percentual de gordura;

AE- Análise espectral;

AF- Alta frequência;

ASIA- American Spinal Injury Association;

BF- Baixa frequência;

BF/AF- relação baixa/alta frequência;

BIA- Bioimpedância elétrica;

Bpm- Batimentos por minuto;

C4-L4- Acometimento entre a 4ª vértebra cervical e 4ª vértebra lombar;

C5-T1- Acometimento entre a 5ª vértebra cervical e 1ª vértebra torácica;

CPM- Centro pontino de micção;

CPB- Comitê Paraolímpico Brasileiro;

DA- Disreflexia autonômica;

DC- Dobras cutâneas;

DCV- Doença (s) cardiovascular (es);

DP- Desvio-padrão;

DXA- Absortometria de raios X de dupla energia;

EENM- Eletro-estimulação neuro-muscular;

FC 3´- Frequência cardíaca com 3 minutos de recuperação;

FC 5´- Frequência cardíaca com 5 minutos de recuperação;

FC final- Frequência cardíaca ao final do teste;

FC- Frequência cardíaca;

FC máx- Frequência cardíaca máxima;

FC rep- Frequência cardíaca de repouso;

FCM- Faculdade de Ciências Médicas

FEF- Faculdade de Educação Física

g- Massa gorda;

HO- Hipotensão ortostática;

IMC- Índice de massa corporal;

ISMWSF- Internacional Stoke Mandellive Wheelchair Sports Federation;

IWRF- Internacional Wheelchair Rugby Federation;

l/min- Unidade de medida do consumo máximo de oxigênio- valor absoluto;

LME- Lesão da medula espinhal;

Max- Valor máximo;

MI- Membro (s) inferior (es);

Min- Minutos;

Mín- Valor mínimo;

ml/kg/min- Unidade de medida do consumo máximo de oxigênio- valor relativo;

MLG- Massa livre de gordura;

MS- Membros superiores;

ms- milisegundos

O₂- oxigênio;

PAD rec- pressão arterial diastólica na fase de recuperação;

PAD rep- Pressão arterial diastólica de repouso;

PAD TEM- pressão arterial diastólica no teste de estresse mental;

PADist- Pressão arterial diastólica;

PAS- Pressão arterial sistêmica;

PAS rec- pressão arterial sistólica na fase de recuperação;

PAS rep- Pressão arterial sistólica de repouso;

PAS TEM- pressão arterial sistólica no teste de estresse mental;

PASist- Pressão arterial sistólica;

PLME- Pessoas com lesão da medula espinhal;

pNN50- porcentagem de IP adjacentes com diferença maior do que 50 ms em todo o registro;

PUBMED- Publicações médicas on line- site de busca de artigos internacionais na área da saúde;

RMSSD- Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre IP adjacentes;

RCR- Rugby em cadeira de rodas;

RT- Regulação térmica;

SNA- Sistema nervoso autônomo;

SNC- Sistema nervoso central;

T6- 6ª vértebra torácica;

TEM- Teste de estresse mental;

VCO- Volume de produção de gás carbônico;

VFC- Variabilidade da frequência cardíaca;

VO_{2 pico}- Termo mais usual do consumo máximo de oxigênio avaliado de forma direta, normalmente mais instável que o VO_{2 máx};

VO_{2máx}- Consumo máximo de oxigênio;

VPAS- Variabilidade da Pressão Arterial;

W- Watts;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
2 REVISÃO DE LITERATURA	31
2.1 Características das complicações em pessoas com lesão da medula espinhal.....	31
2.1.1 Características e tipos de lesões da medula espinhal.....	31
2.1.2 Inatividade física após lesão da medula espinhal	34
2.1.3 Alterações músculos-esqueléticas em pessoas com lesão da medula espinhal	34
2.1.4 Alterações de aspectos psicológicos em pessoas com lesão da medula espinhal.....	35
2.1.5 Disfunção sexual em pessoas com lesão da medula espinhal.....	36
2.1.6 Alterações fisiológicas e metabólicas em pessoas com lesão da medula espinhal.....	37
2.1.7 Alterações cardiovasculares e respiratórias em pessoas com lesão da medula espinhal	38
2.1.8 Incidência de doenças cardiovasculares em pessoas com lesão da medula espinhal	40
2.1.9 Disreflexia autonômica após lesão da medula espinhal.....	42
2.1.10 Regulação térmica na pessoa com lesão da medula espinhal	43
2.1.11 Disfunção vesical e intestinal em pessoas com lesão da medula espinhal	43
2.1.12 Avaliação da composição corporal em pessoas com lesão da medula espinhal.....	44
2.2 Características do rugby em cadeira de rodas.....	45
2.3 Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca	48
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
4 ARTIGOS PRODUZIDOS PARA A TESE.....	61
4.1- Artigo 01-Avaliação da potência aeróbia máxima em pessoas com lesão da medula espinhal	61
4.1.1 Introdução	61
4.1.2 Procedimentos metodológicos	62
4.1.3 Resultados e discussões	63
4.1.5 Considerações finais	72
4.1.6 Referências bibliográficas.....	73
4.2. Artigo 02-Estimativa da potência aeróbia de praticantes de rugby em cadeira de rodas através de teste de quadra	77

4.2.1 Introdução	77
4.2.2 Materiais e métodos	79
4.2.3 Resultados	82
4.2.4 Discussão	85
4.2.5 Considerações Finais.....	90
4.2.6 Referências Bibliográficas	90
4.3. Artigo 03- Análise da variabilidade da frequência cardíaca e variabilidade da pressão arterial em pessoas com lesão da medula espinhal diferentes situações	95
4.3.1 Introdução	95
4.3.2 Materiais e métodos	97
4.3.3 Resultados	105
4.3.4 Discussão	112
4.3.5 Considerações Finais.....	125
4.3.6 Referências Bibliográficas.	126
APÊNDICES.....	137
APÊNDICE I - TERMO DE CONSENTIMENTO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA.....	139
APÊNDICE II - Consentimento Pós-informação:.....	143
APÊNDICE III - FICHA DE COLETA DE DADOS	145

1 INTRODUÇÃO

Indivíduos com lesão da medula espinhal (LME), ou ainda, pessoas com lesão da medula espinhal (PLME), apresentam frequentemente, preocupantes consequências em relação à condição funcional, física, psicológica e social. Normalmente, ocorrem importantes déficits de controle motor e limitações nas tarefas diárias. De forma geral, esta população apresenta-se extremamente sedentária e com um grande aumento de complicações secundárias (JACOBS e NASH, 2004).

A LME provoca alterações motoras e sensoriais no indivíduo, levando a maioria das pessoas lesionadas, especialmente aquelas com lesão alta (tetraplégicos), a uma condição de capacidade física muito reduzida. O déficit na capacidade física pode ser caracterizada por uma série de componentes inter-relacionados, tais como: consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), força muscular e função cardiovascular/pulmonar (MYERS, LEE, e KIRATLI, 2007). Além da disfunção física e sensorial, a lesão medular provoca várias consequências, dentre elas, a redução da capacidade cardiorrespiratória – consequência direta da paralisia muscular (PAOLILLO, PAOLILLO e CLIQUET JR., 2005). Ainda neste aspecto, Jacobs e Nash (2004); Myers, Lee, e Kiratli (2007) afirmam que, devido à dependência da cadeira de rodas, uma grande proporção das PLME tem aumento de complicações como, por exemplo: obesidade, hipertensão, diabetes *mellitus*, alterações negativas no perfil lipídico, problemas pulmonares, síndrome metabólica, e doenças cardiovasculares; fatores estes que limitam as repostas fisiológicas à atividade motora e conduzem à rápida instalação a fadiga.

Estudo recente de Stevens et al. (2008) demonstrou que existe uma correlação positiva entre qualidade de vida e nível de atividade física em indivíduos com LME. Diante desta situação, nos últimos anos, ocorreu uma busca em oferecer e realizar programas de exercícios físicos e esportes para PLME, com o intuito de contribuir para um estilo de vida mais saudável e, também, de possibilitar a realização de competições para estes indivíduos, estimulando sensivelmente a prática de exercícios físicos regulares. Dentro desta proposta, o Rugby em cadeira de rodas (RCR) tem seu espaço e importância junto as PLME (tetraplégicos).

Inicialmente, o esporte era uma alternativa para aqueles atletas com limitações nos membros superiores, que levavam grande desvantagem na prática no Basquete em Cadeira de

Rodas devido ao alto grau de comprometimento destes membros (YILLA e SHERRIL, 1998). A prática do RCR pode ser realizada por atletas que apresentam quadro de tetra-equivalência (amputações de quatro membros ou algumas síndromes que acometam no mínimo 3 membros à nível neurológico); ou, ainda, por indivíduos que sofreram lesão total ou parcial, acima da primeira vértebra torácica, tetraplegia – lesão medular mais popular dentre os praticantes; como, também, por indivíduos com comprometimentos agravados em lesões na primeira vértebra torácica (INTERNATIONAL WHEELCHAIR RUGBY FEDERATION - IWRF, 2011).

Nas últimas décadas, ocorreu o reconhecimento de uma relação importante entre o sistema nervoso autônomo (SNA) e a mortalidade devido a problemas cardiovasculares e morte súbita (TASK FORCE HRV, 1996). Evidências levam a crer em uma associação entre arritmias letais e aumento da atividade simpática ou redução da atividade vagal. Isto tem estimulado a busca por métodos quantitativos de biomarcadores da atividade autonômica (TASK FORCE HRV, 1996). A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) representa um destes biomarcadores mais utilizados e desenvolvidos atualmente. A aparente facilidade de uso desta medida, além da grande quantidade de dispositivos sendo comercializados, tem contribuído para utilização da VFC em pesquisas e na clínica médica. As variações dos intervalos R-R estão na dependência de moduladores biológicos, como o SNA, através da atividade dos sistemas simpático e parassimpático. Essas variações constituem a VFC, em que o objetivo é medir a variação entre cada batimento sinusal sucessivo. Tal técnica tem sido utilizada como meio não-invasivo de avaliação do controle neural sobre o coração e pode auxiliar no manejo terapêutico e de desempenho em pessoas com lesão da medula espinhal (VANDERLEI et al., 2009). A VFC é amplamente utilizada como um índice de modulação autonômica cardiovascular não invasiva e, devida a facilidade de aplicação, apresenta alta reprodutibilidade em PLME (DITOR et al., 2005a; JAE et al., 2011; TASK FORCE HRV, 1996).

Outra característica muito importante nas PLME é a disfunção autonômica produzida pela lesão medular, o que acarreta aumento no risco cardiovascular nesta população. (GARSHICK et al., 2005; KRASSIOUKOV e CLAYDON, 2006; MYERS, LEE, KIRATLI, 2007). O dano neural resultante da LME inibe as fibras simpáticas dentro da medula da coluna vertebral. O sistema nervoso simpático é uma parte importante do SNA, que controla as funções involuntárias do corpo, tais como, frequência cardíaca, a pressão sanguínea e diâmetro dos vasos sanguíneos (GARSHICK et al., 2005). A inibição do sistema simpático provoca grandes

mudanças na regulação do sistema cardiovascular e prejudica a estabilidade deste sistema composto (GAL-ON, BROWN e NUNN, 2005). Dependendo do nível de lesão e acometimento gerado pela lesão, ocorre uma atenuação do controle supra-espinhal de modulação autonômica simpática cardíaca (CLAYDON e KRASSIOUKOV, 2008; COLLINS, RODENBAUGH e DiCARLO, 2006; GRIMM et al., 1997; INOUE et al., 1995). Embora a LME não afete diretamente a atividade parassimpática cardíaca, evidências sugerem a presença de função ou regulamentação paradoxal nas vias eferentes (WECHT et al., 2009).

A limitada literatura existente sobre a VFC em populações com LME, principalmente na tetraplegia, fornece um amplo campo de investigações e a oportunidade de explorar os detalhes da modulação autonômica cardíaca em situações diferentes (repouso sentado, situação de estresse mental e exercício físico) em um grupo extremamente específico. Diante do quadro apresentado, busca-se identificar quais os resultados da potência aeróbia e da variabilidade de frequência cardíaca em pessoas com lesão da medula espinhal em situações de repouso, estresse mental e em uma situação de exercício físico?

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar respostas autonômicas e cardiovasculares em pessoas com lesão da medula espinhal (PLME) praticantes de Rugby em Cadeira de Rodas (RCR) em diferentes situações (repouso, estresse mental, exercício físico e pós-exercício) sentados.

Buscando alinhar o desenho da Tese aos atuais modelos de redação dos estudos acadêmicos, a estrutura deste estudo foi organizada da seguinte forma: uma breve revisão bibliográfica e a apresentação de 3 capítulos-artigos, sendo eles assim caracterizados.

O Artigo 01 – uma revisão bibliográfica a partir do ano 2000 sobre aspectos vinculados aos componentes aeróbios relacionados à potência aeróbia e às características, métodos e instrumentos da avaliação de pessoas com lesão da medula espinhal;

No Artigo 02, o objetivo foi avaliar a potência aeróbia estimada dos praticantes de RCR através do teste de 12 min para usuários de cadeira de rodas;

E, no Artigo 03 – o objetivo foi investigar a variabilidade da frequência cardíaca e variabilidade da pressão arterial das pessoas com lesão da medula espinhal em diferentes situações.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características das complicações em pessoas com lesão da medula espinhal

2.1.1 Características e tipos de lesões da medula espinhal

A LME pode ocorrer em virtude de algum tipo de trauma, infecção, isquemia, compressão por hematoma, tumor, ou ainda, por doença congênita ou degenerativa, podendo levar a um comprometimento na transmissão dos impulsos nervosos, gerando alterações variadas na sensibilidade e no controle motor voluntário e involuntário (CAMPANA, 2010). É importante ressaltar que a etiologia da LME não implica nas diferenças no quadro da lesão; entre as diversas etiologias há um compartilhamento semelhante de alterações, consequentes do tipo de lesão – parcial/incompleta ou total/completa – e da altura da lesão – quanto mais cranial (alta) a lesão, mais graves são as consequências e comprometimentos (TARICCO, 2001).

A classificação proposta pela *American Spinal Injury Association* (ASIA-MAYNARD JR, et al., 1997) vem se destacando atualmente na literatura como uma importante (talvez a melhor) ferramenta dentre os principais parâmetros para classificar o indivíduo com LME. A ASIA classifica em dois tipos de lesões: completa (nenhum impulso nervoso aferente ou eferente consegue ser enviado às regiões inervadas abaixo do local da lesão, devido ao total comprometimento das estruturas internas da medula espinhal); ou incompleta (algumas fibras nervosas são mantidas e, assim, uma porção dos impulsos nervosos é transmitida). Criada no ano de 1982 – e, posteriormente, revisada várias vezes ao longo dos anos para melhor adequação –, recentemente, foi revisada no âmbito neurológico (WARING et al., 2010). Esta avaliação leva em conta o segmento mais caudal da medula espinhal, onde as funções motoras e sensitivas ainda são preservadas nos dois lados do corpo do sujeito (CASALIS, 2007; GREVE e DE CASTRO, 2001; MAYNARD JR, et al., 1997). Conforme a conceituação da ASIA (MAYNARD JR, et al., 1997), a Tetraplegia refere-se à redução ou perda da função motora e/ou sensorial no segmento cervical da medula espinhal, resultando na diminuição das funções tanto dos MS como dos MI e órgãos pélvicos. A Paraplegia, por sua vez, refere-se à redução ou perda da função motora e/ou sensorial

nos segmentos torácico e lombar da medula espinhal secundários à LME. Na paraplegia, os movimentos e sensações dos MS, geralmente, são preservados; e, dependendo da altura da lesão, o tronco, os órgãos pélvicos e os MI podem ficar comprometidos.

A classificação proposta pela ASIA também é dividida em dois segmentos para avaliação: nível motor e grau de deficiência. Para a avaliação do nível e da extensão da LME, é proposto um extenso protocolo, que inclui a avaliação da capacidade de contração muscular dos músculos-chave dos membros superiores, inferiores e tronco. O nível motor é, convencionalmente, avaliado no sentido céfalo-caudal através da determinação da força muscular residual nos músculos-chave, conforme o quadro a seguir (MAYNARD JR, et al., 1997).

Quadro 01 – Classificação ASIA para a avaliação da força muscular dos músculos-chave para determinar o nível motor.

	Resposta analisada
Pontuação	0 = ausência de contração muscular
Pontuação	1 = contração muscular voluntária palpável ou visível
Pontuação	2 = movimentação ativa em todo o arco de movimento com eliminação da gravidade
Pontuação	3 = movimentação ativa em todo o arco de movimento contra a força da gravidade
Pontuação	4 = movimentação ativa em todo o arco de movimento contra resistência moderada
Pontuação	5 = movimentação ativa em todo o arco de movimento contra grande resistência
	NT = músculo não testável

Fonte: MAYNARD JR, et al., (1997).

A classificação do nível sensitivo é feita, em ambos os lados corporais, em cada um dos pontos-chave, através de estímulo doloroso – com a ponta de uma agulha – e através do estímulo tátil leve – com algodão, de acordo com a escala a seguir:

Quadro 02 – Graduação da ASIA para a percepção da dor e do tato leve.

0 = ausência de sensibilidade
1 = sensibilidade alterada (hipo ou hiperestesia)
2 = sensibilidade normal
NT = não testável

Fonte: MAYNARD JR, et al., (1997).

Após as classificações do nível motor e sensitivo, os sujeitos são classificados em cinco categorias, sendo elas, A, B, C, D e E. Somente a categoria A é considerada completa/total, ou seja, mais comprometida. No quadro a seguir, apresenta-se a classificação ASIA (MAYNARD JR, et al., 1997).

Quadro 03 – Classificação da ASIA quanto aos tipos de LME.

A (completa): ausência de função sensitivo-motora nos segmentos sacrais;
B (incompleta): há função sensitiva abaixo do nível de lesão, incluindo os dermatomos sacrais, porém não há função motora;
C (incompleta): há função motora abaixo do nível de lesão, incluindo os dermatomos sacrais e a maioria dos músculos-chave localizados abaixo da lesão tem grau muscular inferior a três;
D (incompleta): há função motora abaixo do nível de lesão, incluindo os dermatomos sacrais e a maioria dos músculos-chave localizados abaixo da lesão tem grau muscular superior a três;
E (incompleta): as funções sensitivas e motoras são normais.

Fonte: MAYNARD JR, et al., (1997).

2.1.2 Inatividade física após lesão da medula espinhal

A LME, associada à redução da função física e conseqüente aumento do sedentarismo, altera o estilo de vida e reduz o gasto energético das PLME (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007). A este quadro, por vezes, soma-se a dificuldade em encontrar possibilidades, lugares e equipamentos adequados para uma prática de atividade física por pessoas com LME, além de não encontrarem pessoas/profissionais preparados para auxiliá-los (CAMPANA, 2010). Igualmente, em alguns casos, principalmente em sujeitos tetraplégicos, a atrofia muscular é muito comprometedor e pode acarretar na pouca eficiência do exercício físico (ARES e CRISTANTE, 2007; KOCINA, 1997; SAMPAIO et al., 2001).

Neste sentido, vale ressaltar que o sedentarismo pode contribuir para o aparecimento de co-morbidades, tais como, aceleração dos riscos de doenças cardiovasculares, obesidade, resistência à insulina, e a síndrome metabólica – grupo de fatores de risco cardíaco que resultam da resistência a insulina (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007; FRONTERA, DAWSON e SLOVIK, 2006).

2.1.3 Alterações músculos-esqueléticas em pessoas com lesão da medula espinhal

A imobilização crônica associada à LME lidera o número de alterações músculo-esqueléticas, metabólicas e de estruturas anormais em PLME (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007). O sistema músculo-esquelético sofre alterações decorrentes da LME, tais como, as deformidades ósseas, as ossificações, a osteoporose e a atrofia muscular (ARES e CRISTANTE; 2007). Alterações específicas na propriedade contrátil e morfológica do músculo esquelético em PLME crônicas podem ser visualizadas usando estudos eletromiográficos, biópsia e imagens de ressonância magnética (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007). Estes autores ainda citam que as alterações incluem baixo conteúdo protéico, aumento de isoformas de miosina de cadeia pesada, redução da secção transversa da fibra muscular, aparente fadiga e redução da força (SHIELDS, 2002).

Para prevenir e minimizar estas deformidades ósseas, deve-se adotar avaliações frequentes da amplitude articular dos membros superiores (MS) e membros inferiores (MI), assim como do tronco, e observar possíveis alterações nessas regiões (ARES e CRISTANTE, 2007).

As ossificações heterotópicas – que são as neoformações ósseas em tecidos moles próximos das grandes articulações – são comuns em PLME e acometem, principalmente, as articulações do quadril, joelhos, cotovelos e ombros (ARES e CRISTANTE; 2007).

Conforme Frontera, Dawson e Slovik (2006), a osteoporose em PLME é decorrente da imobilidade total ou parcial do sujeito, o que acaba gerando uma grande perda de massa óssea (ou conteúdo mineral ósseo); e é mais acentuada no primeiro ano de lesão – variando entre 30% e 50% da densidade, após esse período, o decréscimo se torna mais lento. Esse mesmo processo ocorre também nas articulações, com a atrofia das cartilagens articulares e o aparecimento de deformidades (FRONTERA, DAWSON e SLOVIK, 2006).

2.1.4 Alterações de aspectos psicológicos em pessoas com lesão da medula espinal

Segundo Mendonça (2001), grande parte das pessoas com LME apresentam problemas psicológicos em virtude da não aceitação das limitações impostas pela LME. Conforme Bracken, Shepard e Webb (1981); Mendonça (2001), cada pessoa reage de forma única e exclusiva ao comprometimento da LME, além disto, características como o gênero, a idade, a etiologia, o nível/altura da lesão, tempo de lesão, a profissão exercida anteriormente à lesão, a estrutura familiar, o nível socioeconômico e intelectual influenciam diretamente nos aspectos psicológicos.

O processo de depressão e de negação pelo qual um lesado passa podem fazer com que ele se torne uma pessoa difícil de relacionar. Este processo emocional tende a levar, em média, entre 18 e 24 meses (FREED, 1994).

É comum que a pessoa com LME fique apática e prostada, recusando-se a participar dos tratamentos. Por isto, é de fundamental importância a sensibilização e tolerância com o lesado medular e com seus familiares, para que o tratamento de reabilitação promova os devidos efeitos (FREED, 1994).

Outros fatores desencadeantes dos transtornos psicológicos são a natureza e a magnitude da lesão. Problemas sépticos, como as infecções urinárias e as escaras, também

tendem a favorecer esses distúrbios (BRACKEN, SHEPARD e WEBB, 1981; FREED, 1994; MENDONÇA, 2001).

Podem favorecer, e até mesmo contribuir com o estado psicológico alterado, os efeitos de medicamentos – tais como, a morfina – e a sensação de membros fantasmas. No caso dos tetraplégicos, essa confusão mental também pode ser agravada pelo quadro de insuficiência respiratória, decorrente da paralisia da musculatura respiratória (BRACKEN, SHEPARD e WEBB, 1981; MENDONÇA, 2001).

2.1.5 Disfunção sexual em pessoas com lesão da medula espinal

Segundo Maior (2001), quando ocorre uma LME, há grandes possibilidades de ocorrerem alterações na função sexual do indivíduo lesado. Principalmente por que o centro sacral, composto pela região contida entre os segmentos S2-S4, também está envolvido na função sexual. É o centro sacral o responsável pela recepção das sensações periféricas oriundas das fibras aferentes dos nervos pudendos (MAIOR, 2001). Ainda segundo este autor, a partir do centro sacral, os estímulos chegam ao encéfalo e se integram ao segmento supra-segmentar, ativando a função sexual psicógena e reflexa simultaneamente.

Nos homens, de forma geral, o ato sexual consiste em ereção, ejaculação e orgasmo. PLME podem ter ereção, juntamente com aumento da pressão arterial sistêmica (PAS), da frequência cardíaca (FC) e da frequência respiratória, e ter orgasmos, porém, a ejaculação não é corriqueira (FREED, 1994). Para o autor, a ereção no lesado medular pode acontecer por inferência, através de estímulos centrais ou somestésico, e local tátil, mas dependerá do nível e do tipo de LME.

A ejaculação é composta pela emissão seminal e a ejaculação propriamente dita. A emissão seminal depende de uma ação peristáltica dos canais deferentes, vesículas seminais e próstata, e é mediada através do sistema nervoso simpático (SNS) (FREED, 1994). Assim, a ejaculação é o resultado das contrações musculares do assoalho pélvico e dos músculos bulboesponjoso e isquiocavernoso. Devido a isto, os homens com LME encontram dificuldades para engravidarem suas parceiras, pois, de maneira geral, não há ejaculação e a espermatogênese fica prejudicada por variados problemas, tais como: oclusão dos canais seminais, infecções

crônicas no trato urinário e também por aspectos nutricionais, hormonais e psicológicos (LINSENMEYER, 2000)

Já a mulher que sofreu LME pode apresentar um quadro de amenorréia ou ter ciclos menstruais irregulares de maneira permanente ou transitória. A função reprodutiva, quando não apresentada disfunção na fertilidade, é preservada (FREED, 1994). A única complicação mais preocupante é durante o trabalho de parto, pois as mulheres com LME entre os segmentos T4-T5, ou acima desses, podem apresentar sintomas de disreflexia autonômica (FREED, 1994).

2.1.6 Alterações fisiológicas e metabólicas em pessoas com lesão da medula espinhal

A medula espinhal é a responsável pela transmissão e regulação dos vários tipos de impulsos – como os do sistema nervoso somático que envolvem os processos motores e sensitivos – e também é responsável pelas diversas funções que são subordinadas ao SNA. O SNA é importantíssimo na regulação de muitos processos fisiológicos mediados pelos centros supra-espinhais do sistema nervoso central (SNC) e, após a LME, às vias autonômicas que passam pelo canal medular promovem alterações em vários processos controlados pelo SNA (GARSTANG e MILLER-SMITH, 2007).

Conforme Garstang e Miller-Smith (2007), o nível/altura e a extensão da lesão têm papel fundamental nos acometimentos subsequentes à lesão. Quando uma pessoa é acometida por uma LME, ocorre uma interrupção – total/completa ou parcial/incompleta – das vias simpáticas, resultando em várias alterações importantes, tais como, bradicardia, edema pulmonar neurogênico, arritmias, hipotensão e alterações na regulação vascular.

O SNA regula funções cardiovasculares, tais como, o fluxo sanguíneo, a contração cardíaca, a FC, as respostas vasomotoras periféricas, o fluxo de sangue para os ossos e também para os músculos, rins e pele (PHILLIPS et al., 1998).

Após a LME, podem ocorrer distúrbios metabólicos importantes, por exemplo: o hipermetabolismo e hipercatabolismo, gerando grandes aumentos na eliminação de nitrogênio na urina, no catabolismo total de proteínas corporais e no gasto energético. As respostas metabólicas aos traumas severos são complexas e, no caso das PLME, observa-se inicialmente um balanço de nitrogênio negativo – com uma maior perda de nitrogênio na urina – e um aumento do gasto energético. O tempo de ajuste deste hipermetabolismo pode variar entre uma e

três semanas e é evidenciado pela normalização do balanço de nitrogênio (RODRIGUES, BENZEL e CLEVINGER (1997).

Outros aspectos metabólicos são a perda de massa corporal magra, a diminuição acentuada da utilização de substratos e a diminuição das atividades metabólicas (RODRIGUES, BENZEL, CLEVINGER, 1997). Ainda segundo Rodrigues, Benzel e Clevenger (1997), além da perda de massa muscular magra, a degradação protéica acelerada, detectada pelo aumento da quantidade de nitrogênio na urina, pode levar à falência orgânica e até a morte se não for controlada adequadamente.

Após a LME, é relatado uma tendência à elevação dos níveis de LDL colesterol e colesterol total. Igualmente, são relatados baixos níveis de HDL-colesterol, hiperglicemia de jejum, elevados níveis de triglicerídeos, obesidade abdominal e hipertensão arterial que, somados, são associadas à síndrome metabólica em pessoas com LME; e isto é mais evidenciado em PLME tetraplégicos (MANNNS, MCCUBBIN e WILLIAMS, 2005; MYERS, LEE, KIRATLI, 2007). Para os autores, a LME pode acelerar a relação de acúmulo de gordura corporal com o passar da idade e contribuir para valores anormais de HDL e insulina.

Outra alteração importante é a hipercalcemia – aumento das taxas de cálcio no sangue, mais comum nos adolescentes com LME, em decorrência de um desequilíbrio entre as atividades osteoblásticas e osteoclásticas, na qual a atividade osteoclástica com reabsorção óssea está maior e a maior quantidade de cálcio não é adequadamente eliminada pelos rins (FREED, 1994). Ainda conforme o mesmo autor, as manifestações clínicas de anorexia, náuseas, mal estar, cefaléia, polidipsia, poliúria e letargia são observadas com maior frequência entre 4 e 8 semanas após a LME.

2.1.7 Alterações cardiovasculares e respiratórias em pessoas com lesão da medula espinhal

A disfunção do SNA provocada pela LME causa a ruptura da homeostase cardiovascular em PLME e conseqüente aumento do risco de doença cardiovasculares (DCV). Estas DCV, associadas à disfunção autonômica, têm promovido alterações no controle vasomotor, hipotensão ortostática, bradicardia reflexa e, em casos extremos, parada cardíaca (MYERS, LEE, KIRATLI, 2007). Conforme Phillips et al., (1998); Vanloan et al., (1987), as

PLME têm seus níveis de FC e consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) menores do que a população que não possui LME. Ainda segundo estes autores, quanto mais cranial/alta for a lesão, maior é o comprometimento dos níveis da FC e do VO_{2max} dos indivíduos. Quando a medula é lesada acima do nível dos ramos parassimpáticos (acima de T1), a inervação simpática do coração (excitatória) provoca uma bradicardia e a diminuição da média da PAS de repouso. Essa baixa PAS modifica a regulação da pressão arterial sistólica com as mudanças das posições ortostáticas, gerando alterações de estrutura e funcionalidade cardíaca, devido ao retorno venoso prejudicado (FIGONI, 1993; FRONTERA, DAWSON e SLOVIK, 2006). O quadro de diminuição da pressão arterial e de bradicardia fica mais evidente nos sujeitos com LME entre C2 e T1 (FRISBIE, 2005; VALENT et al., 2006). Outras alterações importantes nas PLME são a redução do controle supraespinal, redução da VFC, atenuação das respostas cardiovasculares, além de redução da contratilidade e alterações da microcirculação da pele (BAUMAN et al., 1999; MATHIAS e FRANKEL, 1988).

Conforme Freed (1994), a trombose venosa profunda e o tromboembolismo pulmonar ocorrem devido às alterações na taxa do fluxo sanguíneo, alterações nas paredes dos vasos e na coagulação sanguínea. Segundo o autor, o repouso prolongado também contribui significativamente para o aparecimento da trombose venosa profunda. Ainda segundo Freed (1994), a trombose venosa profunda e o tromboembolismo pulmonar são mais comuns em quadros de lesões completas do que em quadros de lesões incompletas; e se apresentam, geralmente, no primeiro mês após a lesão.

A hipotensão ortostática (HO) é outra alteração importante nas PLME, caracterizada pela baixa Pressão Arterial Sistêmica (PAS) causada em decorrência do retorno venoso dificultado durante as mudanças de posição corporal. A HO pode provocar, principalmente nos tetraplégicos, tonturas, náuseas, turvação visual, zumbido nos ouvidos, perda da consciência e taquicardia. Quando esses sintomas aparecem, recomenda-se a elevação lenta do tronco do lesado medular e de seus MI para, dessa forma, facilitar o retorno venoso. Outras formas para auxiliar na prevenção da HO é a utilização de faixa abdominal, meias de compressão e o próprio treinamento ortostático (ARES e CRISTANTE, 2007; FREED, 1994; GREVE, DE CASTRO, 2001).

A literatura descreve que, normalmente, as alterações respiratórias decorrentes da LME são mais graves nos quadros de tetraplegia, devido ao comprometimento das inervações

dos músculos respiratórios, responsáveis pelo processo de inspiração e expiração (ARES e CRISTANTE, 2007; FREED, 1994; FRISBIE, 2005; FRONTERA, DAWSON e SLOVIK, 2006).

A LME cervical alta (C1-C2), por exemplo, tende a paralisar completamente a musculatura respiratória quase que imediatamente, necessitando uma ação médica para garantir a respiração do lesado medular. Caso não seja providenciado imediatamente um respirador mecânico, ocorrerá o óbito (FREED, 1994; SITTA, WERNECK, MANETTA, 2001).

Na LME cervical média (C3-C5), pode ocorrer alguma contração diafragmática residual que, somada à contração da musculatura acessória, pode adiar a instalação de um quadro de insuficiência respiratória, que aparece geralmente entre o 3º e 5º dia após a LME (GREVE, CASALIS; BARROS FILHO, 2001; SITTA, WERNECK, MANETTA, 2001).

As lesões totais/completas que ocorrem entre os segmentos C5 e T1 atuam de forma multivariada na inervação dos músculos respiratórios (diafragma e demais músculos da respiração). Enfim, seja qual for o nível da lesão, os músculos acessórios da respiração são comprometidos, o que pode levar as PLME a um quadro de insuficiência respiratória (FREED, 1994).

Na ocorrência da LME na região torácica alta, a musculatura diafragmática tem suas funcionalidades normais e a musculatura intercostal pode estar com suas funções normais ou ainda atenuadas. Nesse quadro, pode ocorrer a insuficiência respiratória devido a certo comprometimento e dificuldade da musculatura abdominal manter sua função contrátil, mas em um grau inferior ao encontrado nos casos de LME na região cervical alta (FREED, 1994; SITTA, WERNECK e MANETTA, 2001).

2.1.8 Incidência de doenças cardiovasculares em pessoas com lesão da medula espinhal

Estudos epidemiológicos da década de 80 afirmavam que as emergências cardiovasculares eram a principal causa de morte em PLME. Estudos da década de 90 confirmaram que sujeitos com LME a 30 anos faleciam principalmente por DCV (46%) e, em PLME com mais de 60 anos, estas doenças representavam 35% das causas de morte (DEVIVO, BLACK e STOVER, 1993; DEVIVO, SHEWCHUK e STOVER, 1992).

Conforme Jacobs e Nash (2004), os fatores comumente reportados em PLME, que contribuem para a aceleração do processo de DCV, são a dislipidemia e o sedentarismo, impostos pela paralisia muscular e devidos à limitação de opções de exercícios e atividades físicas. Além disso, também observa-se grande possibilidade de aumento da resistência à insulina, aumento do percentual de gordura, e redução significativa da massa corporal livre de gordura, principalmente em relação à massa muscular, tornando-os mais passíveis das DCV (JACOBS e NASH, 2004).

Embora existam avanços no tratamento de PLME, a taxa de mortalidade se mantém alta desde os anos 90 (DEVIVO, SHEWCHUK e STOVER, 1992; WHITENECK, 1992). Antigamente, eram atribuídas às alterações renais e respiratórias a responsabilidade pelas altas prevalências de comorbidades em PLME, ocasionando altos índices de mortalidade. Entretanto, estudos mais recentes sugerem que, na realidade, as DCV lideraram a causa *mortis* em PLME ao longo dos anos. (GARSHICK et al., 2005). A maior contribuição para o aumento das DCV em LME está relacionada a alguns fatores de risco, incluindo hiperlipidemia, obesidade e diabetes (LEE et al., 2005; PHILLIPS et al., 1998; YEKUTEIL et al., 1989).

Uma contribuição adicional para este aumento da morbi-mortalidade cardiovascular em PLME é o estilo de vida sedentário, além da grande redução das atividades físicas habituais decorrente da importante lesão motora ocorrida. (JACOBS e NAHS, 2004)

Para Myers, Lee e Kiralti (2007), as maiores preocupações cardiovasculares associadas com a LME estão descritas no Quadro 04.

Quadro 04- Prejuízos Cardiovasculares em Pessoas com lesão da medula espinhal.

Alta prevalência de DCV;
Grande morbi-mortalidade por causa das DCV;
Aumentado risco cardiovascular:
- Reduzido HDL-colesterol;
- Alto valor de colesterol total, LDL colesterol e proteína C-reativa;
- Prevalência de obesidade e de tecido adiposo visceral;
- Aumento da prevalência de tabagismo;
- Inatividade física;
- Prevalência de resistência a insulina, diabetes e síndrome metabólica;
Anormalidade em relação a Pressão arterial (hipotensão ortostática e disautonomia);
Eventos trombolíticos, devido a reduzido retorno venoso;
Distúrbios cardíacos rítmicos:
- Bradiarritmias na fase aguda da lesão e redução da variabilidade da frequência cardíaca;

Fonte: Adaptado de Myers, Lee e Kiratli, (2007).

2.1.9 Disreflexia autonômica após lesão da medula espinhal

A disreflexia autonômica (DA) ou hiperreflexia, atinge as PLME independentemente da lesão ser completa ou incompleta, e é uma resposta aguda e agressiva, a um estímulo nocivo localizado abaixo do nível da LME. Os impulsos nervosos oriundos de um local ofensor chegam à porção posterior da substância cinzenta da medula espinhal, desencadeando reflexos segmentares que percorrem a medula espinhal até os neurônios das colunas intermédias laterais da região da medula torácica e promovendo reflexos vasoconstritores autonômicos (JACOBS e NASH, 2004).

As principais causas da DA são a distensão vesical, a impactação intestinal, as úlceras de pressão (escaras), infecções urinárias, cálculos vesicais, roupas ou próteses/orteses apertadas e unhas encravadas (ARES e CRISTANTE, 2007; FREED, 1994). Os sintomas mais marcantes da DA são o aumento da pressão arterial sistólica (PASist) e da pressão arterial (PADias), bradicardia, sudorese (quando preservada), cefaléia latejante, piloereção, erupções cutâneas acima do nível da lesão, rubor facial e congestão nasal (ARES e CRISTANTE, 2007; FREED, 1994).

2.1.10 Regulação térmica na pessoa com lesão da medula espinhal

As PLME, principalmente os tetraplégicos, sofrem com a regulação térmica (RT), em decorrência do comprometimento da redução ou mesmo ausência total dos estímulos simpáticos (responsáveis pela sudorese e pela vasodilatação) e devido ao prejuízo do sistema somático (responsável pelos tremores e calafrios). Assim, o lesado medular tende a alternar quadros de hipertermia em dias quentes e hipotermia em dias frios (ARES e CRISTANTE, 2007). Ainda segundo estes autores, nas PLME, tanto o quadro de hipertermia quanto o quadro de hipotermia são preocupantes. A hipertermia pode promover confusão mental, convulsões e, em casos extremos, levar a óbito, assim como a hipotermia.

2.1.11 Disfunção vesical e intestinal em pessoas com lesão da medula espinhal

As atividades vesicais e esfinterianas são controladas pela medula espinhal, sendo a inervação eferente – motora – feita através dos nervos periféricos ligados aos gânglios periféricos. A micção, por sua vez, é controlada através do centro pontino de micção (CPM). Os motoneurônios da bexiga, localizados na medula espinhal, utilizam o CPM em seu trajeto final (TRIGO-ROCHA et al., 2001).

O cólon – que apresenta movimentos peristálticos – tem como função absorver a água, o sódio, as vitaminas e minerais do bolo fecal em trânsito. As raízes sacrais S2 a S4 inervam o reto através dos nervos pélvico-esplênicos e o canal anal sofre ação proximal de fibras simpáticas das raízes T11 a L2. Os esfíncteres anais são inervados pelos nervos originados das raízes S2 a S4 (ARES, 2001).

Nos casos agudos de LME, o ílio pode se apresentar paralisado, podendo levar a uma distensão abdominal ou a uma dificuldade em respirar (ARES, 2001). As principais queixas das PLME a respeito dos distúrbios intestinais são a incontinência fecal, a dificuldade para evacuação e a necessidade de estímulo de um acompanhante, através do toque retal, para que o esvaziamento fecal seja eficiente (ARES, 2001).

2.1.12 Avaliação da composição corporal em pessoas com lesão da medula espinhal

O estudo da composição corporal em PLME representa uma preocupação dos pesquisadores da área, pois há a tendência de se validar instrumentos de campo para avaliação. Esta tendência justifica-se devido ao alto custo dos equipamentos de laboratório bem como pelas dificuldades operacionais destes equipamentos (GORLA, 2011).

Em um estudo do final da década de 80, 22 atletas de basquete em cadeira de rodas, todos paraplégicos, foram avaliados através de pesagem hidrostática. Os resultados foram correlacionados com as medidas antropométricas, e propuseram algumas equações, entretanto, estas equações não apresentaram grande validade (BULBULIAN et al., 1987). Mojtahedi, Valentine e Evans (2009) realizaram um estudo cujo objetivo foi comparar a gordura corporal relativa de sujeitos com LME avaliada através de métodos de campo, dobras cutâneas (DC), bioimpedância (BIA) e através da absorptometria de raios-X de dupla energia (DXA). Os autores utilizaram equações preditivas para dobras cutâneas e os resultados da bioimpedância a fim de comparar com o DXA. Concluíram que a DC e a BIA subestimam o percentual de gordura relativa em comparação com o DXA.

Em recente estudo de Sutton et al. (2009), foi avaliada a composição corporal de atletas do sexo feminino com LME e um grupo controle através do DXA. Os autores testaram a reprodutibilidade de equações generalizadas para populações ditas normais a fim de estabelecer um instrumento de campo que pudesse substituir a ausência de um padrão “ouro”. Os autores encontraram fortes correlações dos resultados do DXA em comparação com índice de massa corporal (IMC) e circunferência abdominal para o grupo LME, embora tenham encontrado baixas correlações para o grupo controle. Os autores sugerem que devem ser criadas equações específicas para avaliação desta população, a fim de facilitar a realização de procedimentos fora dos laboratórios, pois, as equações testadas não são confiáveis para avaliar a composição corporal em pessoas com lesão da medula espinhal.

Dionyssiotis et. al. (2008) realizaram um estudo com 31 sujeitos com LME de nível torácico a fim de investigar as alterações da composição corporal. Os participantes foram separados em dois grupos (lesão alta e baixa). Um grupo controle de 33 sujeitos sem deficiência foi utilizado para comparação com o grupo de PLME. O DXA foi utilizado para estimar a distribuição mineral óssea (g/cm^2) regional (membros) e total. Foi avaliada também a massa

magra e massa gorda (g). O IMC, a distribuição mineral óssea e massa magra foram encontradas significativamente diminuídas ($p < 0,0005$) enquanto a massa gorda aumentou ($p < 0,05$) nos braços e na composição corporal das PLME. Estas características parecem comumente na população de PLME, sendo relacionada, principalmente, a inatividade física, estilo de vida com menos mobilidade no dia-a-dia, menor massa magra/muscular efetiva, além da densidade óssea reduzida.

2.2 Características do rugby em cadeira de rodas

O Rugby em Cadeira de Rodas é um esporte coletivo destinado a homens e mulheres. Foi criado em 1977, na cidade de Winnipeg-Canadá, por um grupo de pessoas com tetraplegia que buscava novos esportes além do basquete em cadeira de rodas, já que nessa modalidade, devido ao grau de comprometimento motor, tinham poucas possibilidades (YILLA e SHERRIL, 1998; IWRF, 2011). No princípio, esse novo esporte recebeu o nome de *Murderball*, porém, com o passar dos anos e devido a possuir um nome que remetia a violência, foi rebatizado, passando a ser chamado de Wheelchair Rugby ou Quadrugby (IWRF, 2011).

A primeira equipe de RCR surgiu nos Estados Unidos em 1981 e, no ano seguinte, ocorreu o primeiro torneio internacional entre equipes de RCR do Canadá e dos Estados Unidos. Nos anos seguintes, o RCR foi implantado em outros países e, em 1989, a equipe da Grã-Bretanha foi até o Canadá e, pela primeira vez, uma equipe de outro continente jogou com as equipes do Canadá e dos Estados Unidos (IWRF, 2011). Em 1990, a Federação Internacional de Rugby em Cadeira de Rodas – International Wheelchair Rugby Federation (IWRF) – foi criada e reconhecida pela Federação Internacional de Esportes em Cadeira de Rodas de Stoke Mandeville – International Stoke Mandeville Wheelchair Sports Federation (ISMWSF). Em 1994, o RCR foi oficialmente reconhecido pelo Comitê Paraolímpico Internacional como uma modalidade paraolímpica (IWRF, 2011).

Inicialmente, o RCR era praticado unicamente por tetraplégicos, entretanto, aos poucos, essa realidade foi mudada e, hoje, pessoas com quadros equivalentes à tetraplegia também podem jogar. Os quadros equivalentes à tetraplegia são as amputações ou deformidades nos 4 membros do corpo, algumas sequelas de poliomielite, alguns casos de paralisia cerebral,

artrogripose múltipla congênita e alguns quadros deformantes congênitos entre outros (YILLA e SHERRIL, 1998; IWRF, 2011).

O RCR se assemelha muito ao Rugby tradicional, por ter quase os mesmos objetivos e ser um jogo que envolve forte contato físico e necessidade de ótimas capacidades físicas. Quadras de piso rígido, com as medidas do jogo de basquete de (15 metros de largura por 28 metros de comprimento) são utilizadas no RCR, ao contrário dos campos de grama no Rugby convencional. O RCR é considerado um esporte dinâmico com esforços intermitentes durante quatro tempos de 8 minutos cada, sendo fundamental que os atletas tenham agilidade para manusear a bola, acelerar, frear e direcionar a cadeira. (YILLA e SHERRIL, 1998; COMITÊ PARAOLÍMPICO BRASILEIRO - CPB, 2011; IWRF, 2011).

O RCR é jogado com uma bola semelhante a do vôlei. A quadra semelhante à de basquete possibilita maior número de possíveis locais nas localidades para a prática do RCR, e a bola redonda permite que mesmo os atletas mais comprometidos possam pegá-la e ter maior domínio sobre ela (CPB, 2011; IWRF, 2011).

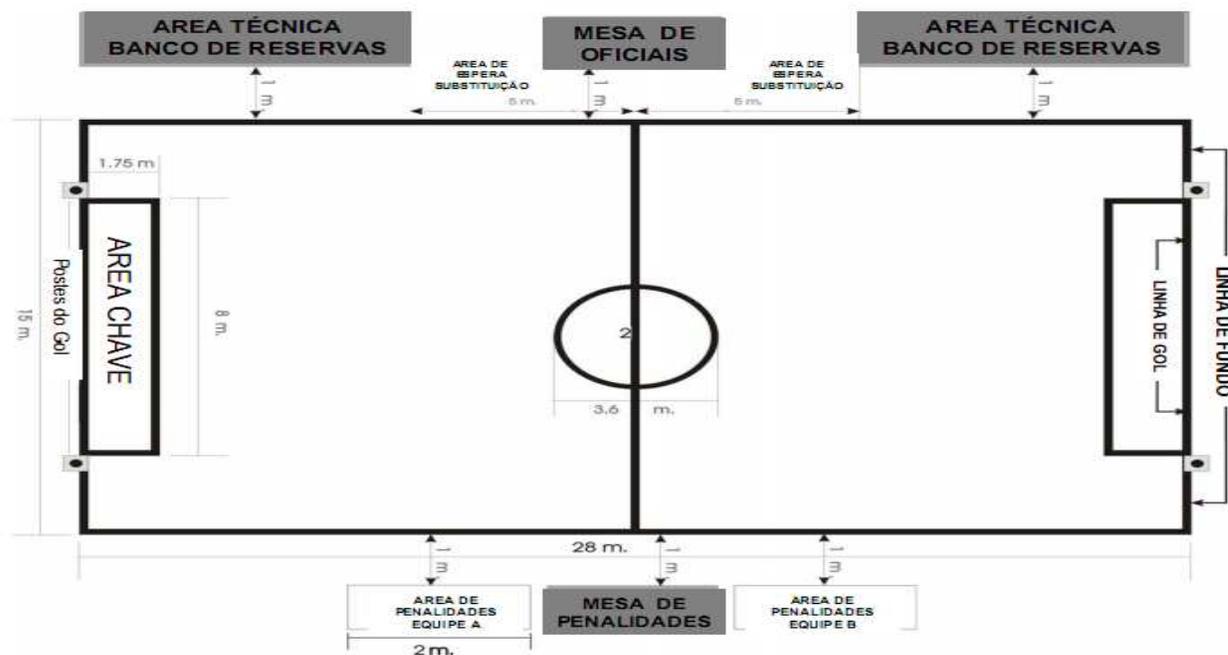


Figura 01– A quadra do Rugby em Cadeira de Rodas.

Fonte: <http://www.rugbiabrc.org.br/downloads/CAMPORUGBY.pdf>

Cada partida é disputada em 4 tempos (ou períodos) de 8 minutos de duração de jogo e, cada vez que a bola para, por falta, por ter saído da quadra ou por ter sido marcado um gol, o cronômetro é parado (CPB, 2011). Entre o 1º e o 2º períodos e o 3º e 4º períodos há um

intervalo de 2 minutos. Entre o 2º e o 3º períodos (que é a metade do jogo) há um intervalo de 5 minutos (CPB, 2011).

Durante o jogo, o contato entre as cadeiras de rodas é constante e totalmente legal, desde que aconteça após o Árbitro iniciar a jogada e seja na parte de trás da cadeira de rodas (sem tocar as rodas) ou entre a frente e o eixo das rodas maiores (CAMPANA, 2010).

Caso o contato na parte de trás da cadeira de rodas seja muito violento ou atinja os pneus, o atleta que provocou a batida pode ser punido com falta. O mesmo ocorre caso o atleta atinja o adversário após o eixo das rodas grandes, fazendo com que ele gire (*spin*). Essa é uma falta que dependendo da intensidade pode excluir o atleta que cometeu a infração (IWRF, 2011).

Para melhor desenvolvimento e equiparação dos participantes do RCR, foi instituído um processo de classificação dos atletas de RCR. Esta classificação é feita por uma banca de classificadores que executam uma série de testes motores para estipular uma primeira classificação. Posteriormente, os atletas classificados são observados durante os jogos para que a classificação inicial seja confirmada ou ajustada, pois o processo possui um bom caráter subjetivo para a avaliação (CAMPANA, 2010).

Os testes são realizados pela banca de classificadores e incluem testes para verificar a motricidade dos membros superiores e seus grupos musculares, além de verificar a existência ou não de controle da musculatura do tronco. Conforme os testes são feitos, cada grupo muscular recebe uma nota (quanto maior a motricidade, maior é a nota), e a somatória dessas notas dá ao atleta sua classificação esportiva (CAMPANA, 2010).

A classificação esportiva é dividida em 7 classes (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 e 3.5). Uma equipe de RCR é composta por 4 jogadores em quadra e a soma dos pontos da classificação de seus jogadores de quadra não pode ultrapassar 8 pontos. Os atletas tipicamente de defesa são aqueles que recebem classificação esportiva entre 0.5 e 1.5, ou seja, mais acometidos e, conseqüentemente, com menos mobilidade; os atletas normalmente de ataque são aqueles que têm classificação esportiva entre 2.0 e 3.5, isto é, menos acometidos e com maior mobilidade (IWRF, 2011).

Um atleta pode ser reclassificado quantas vezes forem necessárias, até que ele receba a mesma classificação por 3 vezes seguidas, para então ser considerada como definitiva. Após a classificação do atleta ser definitiva, esta não poderá mais ser alterada ou sujeita a

protestos. Para que isso aconteça, a banca de classificadores tem que ser sempre composta por classificadores do mesmo nível ou de nível superior ao da banca anterior (IWRWF, 2011).

2.3 Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca

Segundo Kawaguchi et al., (2007) a porção do sistema nervoso que controla as funções viscerais do corpo é chamada de SNA. Os ajustes autonômicos não são normalmente acessíveis à consciência; por essa razão, esse sistema é frequentemente chamado de sistema motor involuntário ou neurovegetativo. Esse sistema influencia tônica e reflexamente a pressão arterial, resistência periférica, frequência cardíaca e o débito cardíaco (JOHNSON, 2000 e GUYTON e HALL, 2002). O coração é um órgão central na manutenção da homeostasia e, para alcançá-la, recebe influências autonômicas. Nesse sentido, uma de suas principais características consiste na constante modificação da frequência de seus batimentos (KAWAGUCHI et al., 2007). Através de vias aferentes medulares e vagais, a informação que atinge o sistema nervoso central (núcleo trato solitário) é modulada e volta ao coração através de fibras eferentes vagais rápidas (podendo se manifestar no primeiro batimento subsequente) e eferentes simpáticas lentas (podendo ocorrer intervalo de até 20 segundos). O efeito resultante dessas influências autonômicas é a variabilidade batimento a batimento da FC (CAMPELO et al., 1992; LONGO, FERREIRA e CORREIA, 1995; RIBEIRO, BRUM e FERRARIO, 1992; RIBEIRO et al., 2000; TASK FORCE HRV, 1996).

A VFC é descrita como a quantificação das variações dos intervalos R-R, que são dependentes de moduladores biológicos, como o SNA, através da atividade das cadeias de ramos simpáticos e parassimpáticos (KAWAGUCHI et al., 2007). Essas variações constituem a VFC, que tem como o objetivo medir a variação entre cada batimento sinusal sucessivo. Esta técnica tem sido utilizada como meio não-invasivo de avaliação do controle neural sobre o coração em PLME (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007). A análise espectral (AE) dos sinais de FC tem alcançado considerável interesse por ser um método não invasivo que estima atividade neural do SNA e não neural para oscilações a curto e longo prazo dessas variáveis (DE ANGELIS, SANTOS e IRIGOYEN, 2004). Com esse tipo de análise, pode-se obter os espectros com suas respectivas potências a partir de bandas de frequência pré-determinadas, caracterizadas por

modulação dos ramos simpáticos (oscilações de baixa frequência, BF) e parassimpáticos (oscilações de alta frequência, AF) do SNA.

A avaliação do sistema nervoso autônomo é complexa, principalmente em pessoas com lesão da medula espinhal, pois estas podem apresentar uma lesão parcial ou total do sistema autônomo. Descobrir como a inervação autonômica no coração se encontra é de fundamental importância para o paciente com lesão medular, principalmente, porque o exercício físico está diretamente relacionado com a reabilitação dessas PLME (PITHON, 2010).

Geralmente, a maioria das avaliações do sistema autônomo requer equipamentos especiais e é invasiva. Atualmente, a VFC tem ótima aceitação como um procedimento funcional de avaliação da modulação autonômica cardiovascular, além de ser bem aceito como um fator de prognóstico de mortalidade, especialmente, pós-infarto do miocárdio e na insuficiência cardíaca congestiva (MALIK et al., 1989; TASK FORCE HRV, 1996).

A VFC tem sido utilizada como meio não-invasivo de avaliação do controle neural do coração (BOOTSMA et al., 1994; STEIN et al., 1994; VAN-RAVENSWAAIJ-ARTS, et al., 1993) e, recentemente, em pessoas com lesão da medula espinhal (DITOR et al., 2005b; PITHON, 2010; TAKAHASHI et al., 2007). Estudos têm demonstrado que a diminuição da VFC está relacionada a um maior índice de morbidade e mortalidade cardiovascular (BIGGER JR, et al., 1992; BINDER et al., 1992; VAISHNAV et al., 1994). Por essas razões, muitos autores têm se ocupado em utilizar manobras respiratórias (GROSSMAN, KARAMAKER e WIELING, 1991), mudanças de posição (AHMED et al., 1994; MUKAI e HAYANO, 1995) e bloqueios farmacológicos dos sistemas nervosos simpático e parassimpático (AHMED et al., 1994) na tentativa de investigar a VFC.

O exercício físico, em si, é um comportamento que provoca importantes modificações no funcionamento do sistema cardiovascular e em seus mecanismos de ajustes autonômicos (GALLO JR. et al., 1989; McARDLE, KATCH e KATCH, 2008; MITCHELL, 1990). Assim, o estudo da VFC durante o exercício físico agudo pode permitir uma análise adicional e não invasiva do controle neural da FC durante esse comportamento (ALONSO, et. al. 1998). Estudos recentes têm demonstrado que o exercício físico progressivo, em indivíduos sedentários (BREUER et al., 1993; NAKAMURA, YAMAMOTO e MURAOKA, 1993; YAMAMOTO, HUGHSON e PETERSON, 1991;), treinados (SHIN et al., 1995a; SHIN et al., 1995b; RIMOLDI et al., 1992) e cardiopatas (ARAI et al., 1989; BERNARDI et al., 1990),

provoca uma diminuição no sistema nervoso parassimpático e um aumento no sistema nervoso simpático, que controlam a FC. Entretanto, em muitos desses estudos (NAKAMURA, YAMAMOTO e MURAOKA, 1993; SHIN et al., 1995a; SHIN et al., 1995b; YAMAMOTO, HUGHSON e PETERSON, 1991), empregou-se um protocolo de incremento contínuo de potência (protocolo de rampa), o que não permite uma estabilização da FC em cada estágio do exercício – condição necessária para uma avaliação adequada da VFC (ALONSO, et. al. 1998).

A VFC é anormal em pessoas com LME em relação a indivíduos sem LME. Padrões de alteração VFC têm sido sugeridos como úteis na caracterização fisiológica associada com o nível da lesão medular. Embora esta realidade seja conhecida, há necessidade de estudos mais aprofundados, destes padrões para possibilitar maior eficácia no diagnóstico, prognóstico e significado terapêutico da VFC em PLME (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, M.W., KADISH, A.H., PARKER, M.A., GOLDBERGER, J.J. Effect of physiologic and pharmacologic adrenergic stimulation on heart rate variability. **J Am Coll Cardiol**; 24: 1082-90, 1994.
- ALONSO, D. O. C., FORJAZ, L. M., REZENDE, L. O., BRAGA, A. M. F. W., BARRETTO, A. C. P., NEGRÃO, C. E., RONDON, M. U. P. B. Comportamento da Frequência Cardíaca e da Sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo. **Arq Bras Cardiol**, volume 71 (nº 6), 787-792, 1998.
- ARAI, Y., SAUL, J.P., ALBRECHT, P. et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **Am J Physiol**; 256: H132-41, 1989.
- ARES, M. J. J. Disfunção Intestinal na Lesão Medular *in* GREVE, J. M. D.; CASALIS, M. E. P.; BARROS FILHO, T. E. P.(Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal**. São Paulo: Editora Roca, 2001.
- ARES, M. J. J. e CRISTANTE, A. R. L. Reabilitação da Medula Espinal: Tratamento. In: GREVE, J. M. D. **Tratado de Medicina e Reabilitação**. São Paulo: Editora Roca, 2007.
- BAUMAN, W.A., KAHN, N.N., GRIMM, D.R, et al: Risk factors for atherogenesis and cardiovascular autonomic function in persons with spinal cord injury. **Spinal Cord**; 37: 601–16, 1999.
- BERNARDI, L., SALVUCCI, F., SUARDI, R. et al. Evidence for an intrinsic mechanism regulating heart rate variability in the transplanted and the intact heart during submaximal dynamic exercise? **Cardiovasc Res**; 24: 969-81, 1990.
- BIGGER, J.R.J.T., FLEISS, J.L., STEINMAN, R.C., ROLNITZKY, L.M., KLEIGER, R.E., ROTTMAN, J.N. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. **Circulation**; 85: 164-71, 1992.
- BINDER, T., FREY, B., PORENTA, G. et al. Prognostic value of heart rate variability in patients awaiting cardiac transplantation. **PACE**; 15: 2215-20, 1992.
- BOOTSMA, M., SWENNE, C.A., VAN-BOLHUIS, H.H., CHANG, P.C., CATS, V.M., BRUSCHKE, A.V.G. Heart rate and heart rate variability as indexes of sympathovagal balance. **Am J Physiol**; 266: H1565-71, 1994.

- BRACKEN, M. B.; SHEPARD, M. J.; WEBB, S. B. Psychological Responses to Acute Spinal Cord Injury: Na Epidemiological Study. **Paraplegia**, n. 19, p. 271-283, 1981.
- BREUER, H.-W. M., SKYSCHALLY, A., SCHULZ, R., MARTIN, C., WEHR, M., HEUSCH, G. Heart rate variability and circulating catecholamine concentrations during steady state exercise in healthy volunteers. **Br Heart J**; 70: 144-9, 1993.
- BULBULIAN, R. et al. Body composition in paraplegic male athletes. **Med Sci Sports Exerc.** v. 19, n. 3, p. 195-201, 1987.
- CAMPANA, M.B. **O Rúgbi em cadeira de rodas: aspectos técnicos e táticos e diretrizes para seu desenvolvimento.** Orientador: Prof. Dr. José Irineu Gorla. Dissertação de Mestrado em Educação Física, 149f. Faculdade de Educação Física (FEF). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2010.
- CAMPELO, M., COUTINHO, J., FERNANDES, P., MACIEL, M.J., GONÇALVES, F.R., GOMES, M.C. Variabilidade da frequência cardíaca: uma perspectiva. **Rev Port Cardiol**; 11:723-32, 1992.
- CASALIS, M. E. P. Reabilitação da Medula Espinal: Quadro Clínico – Exame Neurofisiátrico. In: GREVE, J. M. D. **Tratado de Medicina e Reabilitação.** São Paulo: Editora Roca, 2007.
- CLAYDON, V.E. e KRASSIOUKOV, A.V. Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury. **Am J Physiol Heart Circ Physiol** 294: H668–H678, 2008.
- COLLINS, H.L., RODENBAUGH, D.W., DICARLO, S.E. Spinal cord injury alters cardiac electrophysiology and increases the susceptibility to ventricular arrhythmias. **Prog Brain Res.** 152:275-88, 2006.
- COMITÊ PARAOLÍMPICO BRASILEIRO – CPB. Rúgbi em cadeira de rodas. Disponível em: <http://www.cpb.org.br/esportes/modalidades/rugbi-em-cadeira-de-rodas> . Acesso em abril de 2011.
- DE ANGELIS, K., SANTOS, M.S.B., IRIGOYEN, M.C. Sistema nervoso autônomo e doença cardiovascular. **Rev Soc Cardiol do RS**, v.3, 2004.
- DEVIVO, M.J., BLACK, K.J., STOVER, S.L. Causes of death during the first 12 years after spinal cord injury. **Arch Phys Med Rehabil**; 74: 248-54, 1993.

- DEVIVO, M.J., SHEWCHUK, R.M., STOVER, S.L, et al. A cross-sectional study of the relationship between age and current health status for persons with spinal cord injuries. **Paraplegia**; 30: 24. 820-7, 1992.
- DIONYSSIOTIS, Y., PETROPOULOU, K., RAPIDI, C. A., PAPAGELOPOULOS, P., PAPAIOANNOU, N., GALANOS, A., PAPADAKI, P., LYRITIS, G. P. Body Composition in Paraplegic Men. **J Clin Densitom**, v.11, n. 3, 437-443, 2008.
- DITOR, D.S., KAMATH, M.V., MACDONALD, M.J., BUGARESTI, J., McCARTNEY, N., HICKS, A.L. Reproducibility of heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. **Clin Auton Res** 15:387–393, 2005a.
- DITOR, D.S., KAMATH, M.V., MACDONALD, M.J., BUGARESTI, J., McCARTNEY, N. e HICKS A.L. Effects of body weight-supported treadmill training on heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. **J Appl Physiol**; 98: 1519–1525, 2005b.
- FIGONI, S. F. Exercise Responses and Quadriplegia. **Med Sci Sports Exerc.** v. 25, n. 4, p. 433-441, 1993.
- FREED, M. M. Lesões Traumáticas e Congênitas da Medula Espinhal. In: KOTTKE, F. J. e LEHMANN, J. F. **Tratado de Medicina Física e Reabilitação de Krusen.** 4^a Ed. São Paulo: Editora Manole, 1994.
- FRISBIE, J. H. Breathing and Support of Blood Pressure After Spinal Cord Injury. **Spinal Cord.** n. 43, p. 406-407, 2005.
- FRONTERA, W. R.; DAWSON, D. M.; SLOVIK, D. M. **Exercise in Rehabilitation Medicine.** 2nd Edition. Human Kinetics, Champaign Illinois, 2006.
- GALLO, JR., L., MACIEL, B.C., MARIN NETO, J.A., MARTINS, L.E.B. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. **Brazilian J Med Biol Res**; 22: 631-43, 1989.
- GAL-ON, B., BROWN, I. NUNN, A. Monitoring and assessment of cardiovascular regulation in spinal cord injured patients. **Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference.** 6859-6862: Shanghai, China, September 1-4, 2005.
- GARSHICK, E., KELLEY, A., COHEN, S.A., GARRISON, A., TUN, C.G., GAGNON, D., BROWN, R. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. **Spinal Cord** 43:408–416, 2005.

GARSTANG, S. V., MILLER-SMITH, S. A. Autonomic Nervous System Dysfunction After Spinal Cord Injury. **Phys Med Rehabil Clin N Am.** v. 18, p. 275-296, 2007.

GORLA, J.I. **Avaliação da composição corporal em lesados medulares:** comparação de métodos de campo e clínicos. Projeto de pesquisa regular enviado a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo- FAPESP- sob nº 2011/17536-5.

GREVE, J. M. D. e DE CASTRO, A. W. Alterações Cardiocirculatórias no Paciente Lesado Medular Agudo. In: GREVE, J. M. D., CASALIS, M. E. P. e BARROS FILHO, T. E. P.(Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal.** São Paulo: Editora Roca, 2001.

GREVE, J. M. D., CASALIS, M. E. P., BARROS FILHO, T. E. P.(Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal.** São Paulo: Editora Roca, 2001.

GRIMM, D.R., DE MEERSMAN, R.E., ALMENOFF, P.L, SPUNGEN, A.M., BAUMAN, W.A. Sympathovagal balance of the heart in subjects with spinal cord injury. **Am J Physiol.** Feb;272(2 Pt 2):H835-42, 1997.

GROSSMAN, P., KARAMAKER, J., WIELING, W. Prediction of tonic parasympathetic cardiac control using respiratory sinus arrhythmia: The need for respiratory control. **Psychophysiology;** 11: 277-90, 1991.

GUYTON, A.C., HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica.** 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

INOUE, K., OGATA, H., HAYANO, J., MIYAKE, S., KAMADA, T., KUNO, M., KUMASHIRO, M. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegic patients by spectral analysis of heart rate variability. **J Auton Nerv Syst.** Sep 5;54(3):225-34, 1995.

INTERNATIONAL WHEELCHAIR RUGBY FEDERATION – IWRF. Disponível em: <http://www.iwrf.com/history.htm> e <http://www.iwrf.com/classification.htm>. Acessos em fevereiro de 2011.

JACOBS, P.L. e NASH, M.S. Exercise Recommendations for Individuals with Spinal Cord Injury. **Sports Med;** 34 (11): 727-751, 2004.

JAE, S. Y., HEFFERNAN, K. S., LEE, M. e FERNHALL, B. Relation of heart rate recovery to heart rate variability in persons with paraplegia. **Clin Auton Res** 21:111–116, 2011.

JOHNSON, L.R. **Fundamentos de fisiologia médica.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

- KAWAGUCHI; L. Y. A.; NASCIMENTO, A. C.P.; LIMA, M S.; FRIGO, L.; PAULA JÚNIOR, A. R.; TIERRA-CRIOLLO, C. J. e LOPES-MARTINS, R. A. B. Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Rev Bras Med Esp** Vol. 13, Nº 4 – Jul/Ago, 2007.
- KOCINA, P. Body Composition of Spinal Cord Injured Adults. **Sports Medicine**, v. 23, n. 1, p. 48-60, 1997.
- KRASSIOUKOV, A. e CLAYDON, V. E. The clinical problems in cardiovascular control following spinal cord injury: an overview. **Prog Brain Res**; 152 (4):223–229, 2006.
- LEE, M.Y., MYERS, J., HAYES, A., et al. C-reactive protein, metabolic syndrome, and insulin resistance in individuals with spinal cord injury. **J Spinal Cord Med**, 28:20–5, 2005.
- LINSENMEYER, T.A. Sexual function and infertility following spinal cord injury. **Phys Med Rehabil Clin N Am**. v.11(1):141-56, 2000.
- LONGO, A., FERREIRA, D., CORREIA, J.C. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Port Cardiol**, 14:241-62, 1995.
- MAIOR, I. M. M. L. Disfunção Sexual. In: GREVE, J. M. D.; CASALIS, M. E. P.; BARROS FILHO, T. E. P.(Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal**. São Paulo: Editora Roca, 2001.
- MALIK, M.; CRIPPS, T.; FARREL, T.; CAMM, A. J. Prognostic value of HRV after myocardial infarction - A comparison of different data processing methods. **Med Biol Eng Comput**; 27:603-11, 1989.
- MANNS, P. J., MCCUBBIN, J. A., WILLIAMS, D. P. Fitness, Inflammation, and the Metabolic Syndrome in Men with Paraplegia. **Arch Phys Med Rehabil** v. 86, p. 1176-1181, 2005.
- MATHIAS, C.J., FRANKEL, H.L. Cardiovascular control in spinal man. **Ann Rev Physiol** 50:577–92, 1988.
- MAYNARD JR, F.M., BRACKEN, MB, CREASEY, G, DITUNNO, JF JR, DONOVAN WH, DUCKER TB, GARBER SL, MARINO RJ, STOVER SL, TATOR CH, WATERS RL, WILBERGER JE, YOUNG W. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association (ASIA). **Spinal Cord**. May;35(5):266-74, 1997.
- McARDLE, W.D., KATCH, F.I., KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício: Energia, nutrição e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

- MENDONÇA, M. Aspectos Psicológicos. In: GREVE, J. M. D.; CASALIS, M. E. P.; BARROS FILHO, T. E. P.(Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal**. São Paulo: Editora Roca, 2001.
- MITCHELL, J.H. Neural control of the circulation during exercise. **Med Sci Sports Exer**; 22: 141-54, 1990.
- MOJTAHEDI, M. C., VALENTINE, R.J., EVANS, E. M. Body composition assessment in athletes with spinal cord injury: comparison of field methods with dual-energy X-ray absorptiometry. **Spinal Cord**. 47(9):698-704, 2009.
- MUKAI, S. e HAYANO, J. Heart rate and blood pressure variabilities during graded head-up tilt. **J Appl Physiol**; 78: 212-6, 1995.
- MYERS, J., LEE, M., KIRATLI, J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. **Am J Phys Med Rehabil**;86:142–152, 2007.
- NAKAMURA, Y., YAMAMOTO, Y., MURAOKA, I. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. **J Appl Physiol**; 74: 875-81, 1993.
- PAOLILLO, F. R., PAOLILLO, A. R., CLIQUET JR, A.. Respostas cardio-respiratórias em pacientes com traumatismo raquimedular. **Acta Ortop Bras** 13(3):149-152, 2005.
- PHILLIPS, W. T., KIRATLI, B. J., SARKARATI, M., WERAARCHAKUL, G., MYERS, J., FRANKLIN, B. A., PARKASH, I., FROELICHER, V. Effect of Spinal Cord Injury on the Heart and Cardiovascular Fitness. **Curr Probl Cardiol** v. 23, n. 11, p. 641 – 716, 1998.
- PITHON, K.R. **Avaliação cardiorrespiratória e da densidade mineral óssea de pacientes com lesão medular**. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. Orientador: Prof. Dr. Alberto Cliquet Junior. Campinas, SP : [s.n.], 2010.
- RIBEIRO, F.T., CUNHA, A., LOURENÇO, G.C.D., MARÃES, V.R.F.S., CATAI, A.M., GALLO JR. L, et al. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em dois voluntários de meia-idade, um coronariopata e outro saudável – Relato de caso. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**;10:1-10, 2000.
- RIBEIRO, M.P., BRUM, J.M., FERRARIO, C.M. Análise espectral da frequência cardíaca. Conceitos básicos e aplicação clínica. **Arq Bras Cardiol**;59:141-9, 1992.
- RIMOLDI, O., FURLAN, R., PAGANI, M.R. et al. Analysis of neural mechanisms accompanying different intensities of dynamic exercise. **Chest**; 101(suppl): 226-30, 1992.

- RODRIGUES, D. J., BENZEL, E. C., CLEVINGER, F. W. The Metabolic Response to Spinal Cord Injury. **Spinal Cord**, n. 35, p. 599-604, 1997.
- SAMPAIO, I. C. S. P., PALMA, H. M., NASCIMENTO, R. C., SAITO, E. T., LOURENÇO, C., BATTISTELLA, L. R. Atividade Esportiva na Reabilitação. In: GREVE, J. M. D., CASALIS, M. E. P., BARROS FILHO, T. E. P.(Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal**. São Paulo: Editora Roca, 2001.
- SHIELDS, R.K. Muscular, skeletal, and neural adaptations following spinal cord injury. **J Orthop Sports Phys Ther**; 32:65–74, 2002.
- SHIN, K., MINAMITAMI, H., ONISHI, S., YAMAZAKI, H., LEE, M. The power spectral analyses of heart rate variability in athletes during dynamic exercise - Part I. **Clin Cardiol**; 18: 583-6, 1995a.
- SHIN, K., MINAMITAMI, H., ONISHI, S., YAMAZAKI, H., LEE, M. The power spectral analyses of heart rate variability in athletes during dynamic exercise - Part II. **Clin Cardiol**; 18: 664-8, 1995b.
- SITTA, M. C., WERNECK, D. F. M. S., MANETTA, J. A. Tratamento Clínico da Lesão da Medula Espinal – Fase Aguda. In: GREVE, J. M. D., CASALIS, M. E. P., BARROS FILHO, T. E. P.(Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal**. São Paulo: Editora Roca, 2001.
- STEIN, P.K., BOSNER, M.S., KLEIGER, R.E., CONGER, B.M. Heart rate variability: A measure of cardiac autonomic tone. **Am Heart J**; 127: 1376-81, 1994.
- STEVENS, S.L., CAPUTO, J.L., FULLER, D.K., MORGAN, D.W. Physical activity and quality of life in adults with spinal cord injury. **J Spinal Cord Med**;31(4):373-378, 2008.
- SUTTON, L., WALLACE, J., GOOSEY-TOLFREY, V. L., SCOTT, M., REILLY, T. Body Composition of Female Wheelchair Athletes. **Int J Sports Med**. 30(4):259-65, 2009.
- TAKAHASHI, M., MATSUKAWA, K., NAKAMOTO, T., TSUCHIMOCHI, H., SAKAGUCHI, A., KAWAGUCHI, K., ONARI, K. Control of heart rate variability by cardiac parasympathetic nerve activity during voluntary static exercise in humans with tetraplegia. **J Appl Physiol** 103: 1669–1677, 2007.
- TARICCO, M. A. Etiologia das Lesões Medulares. In: GREVE, J. M. D., CASALIS, M. E. P., BARROS FILHO, T. E. P. (Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal**. São Paulo: Editora Roca, 2001.

TASK FORCE OF HRV OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use.

Circulation 93:1043–1065, 1996.

TRIGO-ROCHA, F. E., GOMES, C. M., MITRE, A. I., ARAP, S. Disfunção Vésico-esfincteriana in GREVE, J. M. D.; CASALIS, M. E. P.; BARROS FILHO, T. E. P. (Org). Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal. São Paulo: Editora Roca, 2001.

VAISHNAV, S., STEVENSON, R., MARCHANT, B., LAGI, K., RANJADAYALAN, K., TIMMIS, A.D. Relation between heart rate variability early after acute myocardial infarction and long-term mortality. **Am J Cardiol**; 73: 653-7, 1994.

VALENT, L. J. M., DALLMEIJER, A. J., HUODIJK, H., SLOOTMAN, J., JANSSEN, T. W. J., HOLLANDER, A. P., VAN DER WOUDE, L. H. V. The Individual Relationship Between Heart Rate and Oxygen Uptake in People with Tetraplegia During Exercise. **Spinal Cord**, v. 45 p. 104-111, 2006.

VANDERLEI, L. C. M., PASTRE, C. M., HOSHI, R.A., CARVALHO, T. D. e GODOY, M. F. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**; 24(2): 205-217, 2009.

VANLOAN, M. D., MCCLUER, S., LOFTIN, M., BOILEAU, R. A. Comparison of Physiological Responses to Maximal Arm Exercise Among Able-Bodied, Paraplegic and Quadriplegics. **Paraplegia**, v. 25, n. 5, p. 397-405. 1987.

VAN-RAVENSWAAIJ-ARTS, C.M.A., KOLLÉE, L.A.A., HOPMAN, C.W., STOELINGA, G.B.A., GEIJN, H.P. Heart rate variability. **Ann Int Med**; 118: 436-47, 1993.

WARING III W. P., et al. Review and Revisions of the International Standards for the Neurological Classification of Spinal Cord Injury. **J Spinal Cord Med**. 33(4):346–352, 2010.

WECHT, J.M., RADULOVIC, M., LAFOUNTAIN, M.F., ROSADO-RIVERA, D., ZHANG, R-L, BAUMAN, W.A. Orthostatic responses to nitric oxide synthase inhibition in persons with tetraplegia. **Arch Phys Med Rehabil**; 90:1428-34, 2009.

WHITENECK, G.G., CHARLIFUE, S.W., FRANKEL, H.L., et al: Mortality, morbidity, and psycho-social outcomes of persons spinalcord injured more than 20 years ago. **Paraplegia**;30: 617–30, 1992.

YAMAMOTO, Y., HUGHSON, R.L., PETERSON, J.C. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **J Appl Physiol**; 71: 1136-42, 1991.

YEKUTEIL, M., BROOKS, M.E., OHRY, A., et al. The prevalence of hypertension, ischemic heart disease, and diabetes in traumatic spinal cord injured patients and amputees. **Paraplegia**, 27:58-62, 1989.

YILLA, A.B., SHERRILL, C. Validating the Beck Battery of Quad Rugby skill tests. **Adap Phys Activity Quarterly**;15: 155-167, 1998.

4 ARTIGOS PRODUZIDOS PARA A TESE

4.1- Artigo 01 - Avaliação da potência aeróbia máxima em pessoas com lesão da medula espinhal

4.1.1 Introdução

O treinamento físico regular confere efeitos benéficos para o coração, bem como para todo o corpo. Isso ocorre, em parte, por que o treinamento físico melhora a capacidade de trabalho do músculo esquelético, aumentando a condutância na circulação periférica; além disso, aprimora também a modulação extrínseca do coração e intrínseca da bomba cardíaca (KEMI, 2010).

Evidências sugerem que a magnitude desses benefícios aumentam proporcionalmente com a intensidade das sessões de exercício físico que constituem o programa de treinamento físico. Recentes estudos sugerem que os efeitos benéficos do exercício físico regular podem depender da intensidade e volume de trabalho realizado (GULATI, 2003).

A potência aeróbia máxima, definida como a máxima absorção, transporte e consumo de oxigênio (VO_2 máx) é, geralmente, considerado o melhor marcador para a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório. A medida direta de VO_2 máx durante um teste máximo ergométrico é considerado o melhor método para avaliar a potência aeróbia (DENCKER, 2008).

A lesão da medula espinhal (LME) provoca alterações motoras e sensoriais no indivíduo, acarretando consequências sociais na vida da maioria dessas pessoas, especialmente naqueles que apresentam lesão alta e, conseqüentemente, capacidade física reduzida. Essa capacidade pode ser definida por uma série de componentes inter-relacionados, tais como, consumo de oxigênio máximo (VO_2 máx), força muscular e função cardiovascular e pulmonar (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007). Além da disfunção física e sensorial, a LME provoca várias sequelas, entre elas, a redução da capacidade cardiorrespiratória, consequência direta da paralisia (PAOLILLO, PAOLILLO e CLIQUET JR., 2005). A vida dependente da cadeira de rodas implica na dificuldade em manter um estilo de vida ativo, o que, juntamente com um estado

sedentário, promove o desenvolvimento de quadros de obesidade, síndrome metabólica, diabetes e doenças cardiovasculares que limitam as repostas fisiológicas à atividade motora, e conduzem à rápida instalação da fadiga (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007).

Estudos recentes de Stevens et al. (2008) demonstram que existe uma importante correlação positiva entre a qualidade de vida e nível da prática de atividade física em indivíduos com LME. Sendo assim, o engajamento desses indivíduos em programas regulares de exercícios físicos deve ser incentivado, pois, trata-se de uma abordagem promissora, com boa proporção custo-benefício, e eficaz na promoção da saúde e da qualidade de vida, trazendo inúmeros benefícios que se revelam na melhora do desempenho da vida diária, na promoção do bem estar físico e social e na redução de incidências de complicações clínicas, favorecendo a independência funcional desses indivíduos.

A redução do nível de atividade física e as alterações adversas na composição corporal causadas pela lesão medular têm consequências metabólicas que podem influenciar o avanço e a gravidade de doenças cardiovasculares (LAVIS, SCELZA e BOCKENEK, 2007). Com isto, é evidente a importância de estudos bem controlados e com nível tecnológico avançado para melhores prognósticos e acompanhamentos de pessoas com lesão da medula espinhal, seja para atividades esportivas, melhora de aspectos de riscos cardiovasculares ou para o cotidiano do dia a dia.

O objetivo do presente estudo, foi revisar na literatura atual os métodos e variáveis do consumo máximo de oxigênio e aspectos relacionados com a capacidade física aeróbia em pessoas com lesão da medula espinhal.

4.1.2 Procedimentos metodológicos

Este estudo caracterizou-se como uma revisão de literatura. Segundo Noronha e Ferreira (2000), estes estudos analisam a produção bibliográfica em determinada área temática, dentro de um recorte de tempo, e fornecem uma visão geral do problema pesquisado, evidenciando novas ideias, métodos e subtemas.

Neste estudo, foi utilizado a busca através do site publicações médicas (PUBMED-Med Line no site: <http://www.pubmed.com>) com os seguintes termos: *Spinal Cord Injury, tetraplegia, paraplegia* cruzados com *physical endurance, exercise tolerance, peak*

oxygen power. Para inclusão dos artigos, estes teriam que possuir os seguintes itens: a) resultados com lesados medulares, b) resultados com tetraplégicos ou paraplégicos, c) interação dos itens anteriores com consumo máximo de O_2 (VO_2 máx; l/min ou ml/kg/min) e duração de esforço em cadeira de rodas, sendo publicados a partir do ano de 2000.

Para um direcionamento deste estudo, foi usado o elegante estudo de Haisma et al. (2006) como base teórica. Foram encontrados 295 artigos com os termos usados para a pesquisa inicial no site de busca do *PUBMED*. Após cruzamentos de termos pré-selecionados, foram eleitos 25 artigos completos, sendo 3 revisões e os demais artigos originais de revistas nacionais e a maior parte composta de artigos internacionais.

4.1.3 Resultados e discussões

Na revisão de Theisen e Vanlandewijck (2002), podemos evidenciar os resultados cardiovasculares apresentados em relação ao volume sistólico menor nas pessoas com lesão da medula espinhal (paraplégicos), quando comparados com pessoas não lesadas, e uma FC maior para valores de VO_2 submáximo para o grupo de lesado quando comparado ao grupo não lesado. Este fator é relacionado à redução da atividade simpática, ocorrida após lesão medular. A FC máxima em exercícios normalmente é bastante afetada principalmente em lesados acima da 6ª vértebra torácica (T6), ficando o relato de valores entre 115 – 130 bpm, conforme estes mesmo autores.

Outra importante revisão realizada dentro do período proposto deste estudo foi a de Teasell e colaboradores (2000), na qual os autores evidenciam a discussão das consequências cardiovasculares após lesão medular e controle do sistema nervoso simpático. Neste estudo, foi citado a pesquisa de Eriksson, Lofstrom e Ekblom (1988) no qual, foram avaliados 58 homens lesados (lesões medulares entre C4 e L4), sendo 25 treinados, 33 não treinados e 10 controles. Durante o exercício físico máximo em cadeira de rodas, a média de FC dos lesados foi de 119 bpm para não treinados e 118 bpm para os treinados, não apresentando diferenças estatísticas na média de FC em teste máximo entre pessoas com lesão da medula espinhal treinados e sedentários, levando a crer que o exercício físico regular não conseguiu auxiliar a atuação da atividade simpática cardíaca nesta amostra.

No estudo de Bernard et al. (2000), foram avaliados 12 indivíduos (média de idade 30 anos) atletas com paraplegia, divididos em dois grupos, um com lesão de nível alto e outro baixo. A avaliação cardiorrespiratória ocorreu na cadeira de rodas em esteira rolante com incremento de carga de 1km/h/min, iniciando o teste com 4km/h. Durante o exercício máximo, não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos para os valores cardiorrespiratórios e ventilatórios. Apesar da ausência de diferenças significativas, os maiores valores máximos alcançados foram do grupo com lesão baixa, confirmando uma maior capacidade de adaptação ao exercício físico no grupo de lesão torácica inferior.

Já na pesquisa de Knechtle e Kopfli. (2001), também com paraplégicos, foram analisados 11 jogadores de basquete em cadeira de rodas (média de idade de 28 anos). Neste estudo, foi aplicado um protocolo de exercício físico com aumento da inclinação na esteira para verificação da possibilidade de utilização de um protocolo com inclinação na esteira em pessoas com lesão da medula espinhal (abaixo de T1). Oito jogadores tinham lesão medular, dois tinham lesão do sistema nervoso central e um teve poliomielite. Foram medidos o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) e a frequência cardíaca (FC), enquanto o nível de lactato foi determinado imediatamente após o protocolo de exercício. Os atletas apresentaram aumentos significativos em relação à frequência cardíaca máxima ($185 \pm 11,4$ bpm), lactato máximo ($10,2 \pm 2,1$ mmol / l) e VO_2 máx ($35,1 \pm 4,9$ ml/min/kg). Diante dos resultados, ficou constatado que um protocolo de exercício com inclinação crescente é uma alternativa válida de avaliação do componente aeróbio em comparação com um protocolo de exercício com velocidade crescente.

Mantendo a sequência de estudos realizados em sujeitos paraplégicos, Jacobs, Nash e Rusinowski (2001) avaliaram os efeitos do treinamento em circuito sobre a capacidade cardiorrespiratória e força muscular em pacientes paraplégicos. Dez homens com paraplegia nos níveis entre T5-L1 participaram do estudo. Indivíduos completaram 12 semanas de treinamento em circuito, usando uma série de exercícios alternados de resistência muscular e ergometria de braço de baixa resistência. Após o protocolo de treinamento, foram testadas a força isocinética da extremidade superior e a capacidade cardiorrespiratória. Aumentos significativos foram observados no consumo máximo de oxigênio (29,7%, $P < 0,01$) e na potência de pico durante o teste do braço ($p < 0,05$). Este modelo de treinamento se mostrou eficaz para melhora cardiovascular e na capacidade de força dos participantes do programa de exercícios físicos regulares.

Outro estudo importante, aplicando o treinamento físico como situação de intervenção em pessoas com lesão da medula espinhal, foi o de Bougenot et al., (2003). Neste estudo, realizado com 7 indivíduos paraplégicos não treinados do sexo masculino com 35 anos de idade e que apresentavam pelo menos 12 anos pós lesão, avaliou-se os efeitos de um programa de treinamento com duração de 6 semanas, sobre variáveis cardiorrespiratórias em teste ergométrico com incremento de carga de 10W/2min e iniciando o teste com 15W. O protocolo de treinamento compunha-se de 45 minutos de esteira rolante, três vezes por semana. Os resultados obtidos mostraram aumentos significativos das variáveis VO_2 máx e potência pico (watts). O treinamento físico realizado em ergômetro de braço em pessoas com lesão da medula espinhal foi eficiente na melhora de variáveis cardiovasculares, concluindo que o treinamento físico traz adaptações positivas para a aptidão física e capacidade aeróbia.

No estudo de Vanderthommen et al. (2002), 37 indivíduos paraplégicos (2 mulheres) foram avaliados através de proposta de teste progressivo de quadra (octogonal) para usuários de cadeira de rodas, usando como base o protocolo de Leger e Boucher (1980). Os valores médios do grupo estudado foram de: idade 36,5 anos; massa corporal 77,7kg; estatura 177 cm; tempo de lesão 16,5 anos e tempo de uso da cadeira de rodas 11 anos. O registro do VO_2 máx foi através da análise direta de gases no equipamento portátil (K4b system). Já a análise da concentração de lactato sanguíneo foi realizada através YSI modelo 1500 (*Yellow springs instruments*). Os resultados encontrados no estudo foram: $25,2 \pm 5,9$ ml/kg/min de VO_2 máx/pico; 172 ± 26 bpm de FC máx; $5,4 \pm 1,9$ mmol/l de lactato máximo. Diante dos resultados, a proposta de teste progressivo foi considerado apta para avaliação aptidão física em usuários de cadeira de rodas.

Com uma amostra expressiva para as características dos estudos na área da Educação Física Adaptada, Janssen e colaboradores (2002) avaliaram 166 indivíduos (20 mulheres), com idade, massa corporal, nível da lesão, tempo de lesão, e o nível de realização de atividades físicas bem variadas. Todos os participantes da pesquisa apresentavam lesão por, pelo menos, 7 anos e eram praticantes de atividades físicas regulares por, no mínimo, 4h semanais. O estudo consistiu em um teste progressivo, em cadeira de rodas, para determinar o consumo máximo de oxigênio e a potência máxima, incluindo também um teste de *sprint* em cadeira de rodas para determinar a potência de curto prazo (anaeróbia) e um teste de força isométrica. Embora a variação de resultados tenha sido entre 48 a 80%, o que pode ser explicada pela

heterogeneidade da amostra (nível da lesão, o nível de atividade, sexo, idade, massa corporal, e tempo de lesão), os pesquisadores concluíram que, ainda que a capacidade física seja largamente determinada por fatores que não podem ser alterados na população de PLME – como o nível da lesão, idade e sexo –, os fatores mutáveis, como o nível de atividade física habitual e a massa corporal (baixo componente de gordura), desempenharam um papel adicional nesta amostra para determinação dos melhores resultados.

Dallmeijer et al. (2004) compararam respostas cardiorrespiratórias em um modelo de ergômetro de braço e em cadeira de rodas. Participaram do estudo 2 grupos subdivididos em 9 indivíduos com lesão medular e 10 sem lesão medular do sexo masculino (36 anos). Duas séries de 4 minutos de exercício físico submáximo em 25 e 35 Watts de potência, seguidos por exercício de 1 minuto com potência crescente até a exaustão, foi o protocolo utilizado. Os resultados mostraram menor consumo de oxigênio (VO_2), ventilação (VE), frequência cardíaca (FC), taxa de percepção de esforço e uma maior eficiência bruta no ciclo ergômetro de braço em ambos os grupos, enquanto que não foram encontradas diferenças significativas em potência pico e pico de VO_2 , VE e FC quando usado o ciclo ergômetro de braço em ambos os grupos. Para este estudo, ficou evidenciado a igualdade de respostas cardiorrespiratórias em ambos os grupos, mesmo utilizando-se de diferentes modelos de equipamentos para a avaliação aeróbia. Estes resultados ainda indicam a possibilidade de usuários de cadeira de rodas usarem o modelo de ergômetro de braço, por possibilitar uma maior mobilidade na vida cotidiana.

Em uma interessante comparação entre um grupo de indivíduos com diferentes níveis de lesão e outro grupo controle não lesado medular, Hopman et al. (2004) avaliaram, em ciclo ergômetro de braço com incremento de carga de 3, 5 ou 10W/min, 10 indivíduos não lesados, 6 indivíduos paraplégicos e 6 indivíduos tetraplégicos com média de idade de 33 anos, praticantes de atividade física regular por pelos menos 4h/semana. O consumo de oxigênio durante o exercício aumentou no grupo controle sem deficiência, bem como em pessoas com paraplegia e, em menor grau, nas pessoas com tetraplegia, indicando que o consumo máximo de oxigênio durante o exercício físico de braço é limitado pelo fornecimento de oxigênio ao invés do tamanho da massa muscular envolvida e pequenas limitações bioquímicas relacionadas.

Knechtle et al. (2003) avaliaram 10 atletas usuários de cadeiras de rodas treinados e 10 ciclistas treinados com o objetivo de determinar a taxa de oxidação de gordura, a

fim de fornecer recomendações para a utilização de ciclo ergômetro. Foi avaliada a capacidade aeróbia através do teste de VO_2 máx em um ciclo ergômetro de braço e bicicleta ergométrica, respectivamente. Os atletas deficientes mostraram uma tendência de maior concentração de lactato em cada intensidade em relação aos ciclistas. Os atletas de cadeiras de rodas bem treinados alcançaram a maior oxidação de gordura no ciclo ergômetro. Os resultados sugerem que os atletas de cadeiras de rodas bem treinados podem executar o treinamento em ciclo ergômetro, criando assim novas possibilidades de treinamento.

No estudo nacional de Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr. (2005), as análises cardiorrespiratórias com paraplégicos (n=5) e tetraplégicos (n=5) foram realizadas em repouso, durante estimulação elétrica neuro-muscular (EENM) de 20 minutos do quadríceps direito/esquerdo e durante a recuperação deste estímulo. O grupo paraplégico apresentou média de massa corporal de $84,6 \pm 14,1$ kg e estatura de $177 \pm 7,8$ cm. Já no grupo tetraplégico, os valores foram de $62,4 \pm 5,02$ kg e $177,2 \pm 6,94$ cm. A pressão arterial foi mensurada via método auscultatório. A FC foi monitorada por eletrocardiograma e a avaliação metabólica cardiorrespiratória foi avaliada por analisador de gases Sensormedics V29C. Os valores dos grupos paraplégicos e tetraplégicos são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 01- Valores cardiorrespiratórios de paraplégicos.

Variáveis Cardio-respiratórias	Repouso	EENM	Recuperação
Vo_2 (l/min)	$0,22 \pm 0,02$	$0,48 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,02$
Vco_2 (l/min)	$0,15 \pm 0,01$	$0,40 \pm 0,08$	$0,19 \pm 0,02$
Ve (l/min) BTPS	$10,01 \pm 1,41$	$18,2 \pm 3,64$	$11,98 \pm 2,23$
pO_2 (mmHg) STPD	$93,48 \pm 2,73$	$100,63 \pm 3,37$	$105,61 \pm 2,24$
pCO_2 (mmHg) STPD	$37,99 \pm 1,77$	$35,43 \pm 1,12$	$32,33 \pm 1,51$
FC (bpm)	$85,4 \pm 8,01$	$99,25 \pm 9,57$	$93,99 \pm 7,65$
Pa Sistólica (mmHg)	$116 \pm 5,4$	$144 \pm 5,4$	$121 \pm 8,94$
Pa Diastólica (mmHg)	$76 \pm 5,4$	$74 \pm 8,94$	$74 \pm 8,94$

Adaptado de Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr., (2005).

Tabela 02- Valores cardiorrespiratórios de tetraplégicos.

Variáveis Cardio-respiratórias	Repouso	EENM	Recuperação
Vo ₂ (l/min)	0,15 ± 0,01	0,29 ± 0,02	0,16 ± 0,01
Vco ₂ (l/min)	0,10 ± 0,01	0,23 ± 0,02	0,12 ± 0,01
Ve (l/min) BTPS	9,38 ± 1,18	14,48 ± 3,71	9,6 ± 0,96
pO ₂ (mmHg) STPD	98,73 ± 2,34	104,39 ± 3,79	106,70 ± 2,89
pCO ₂ (mmHg) STPD	35,08 ± 2,36	32,62 ± 2,42	30,55 ± 1,53
FC (bpm)	67,39 ± 5,65	89,64 ± 8,22	83,84 ± 6,28
Pa Sistólica (mmHg)	104 ± 4,41	128 ± 5,03	112 ± 4,47
Pa Diastólica (mmHg)	68 ± 3,36	70 ± 6,36	70 ± 5,67

Adaptado de Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr., (2005).

Foram encontrados resultados de consumo de oxigênio inversamente proporcionais a altura da lesão medular. Quanto mais alta a lesão (tetraplegia), menor os valores de VO₂ máx. Também foi observada bradicardia e hipotensão somente no grupo tetraplégico durante o repouso. Durante a estimulação, ocorreram aumentos da FC e pressão arterial sistólica, demonstrando atuação mais ativa do tônus simpático nestas pessoas com lesão da medula espinhal. Os autores ressaltaram a capacidade dos avaliados em conseguirem respostas dentro da normalidade durante o exercício físico.

Outro estudo que usou a avaliação direta do componente aeróbio foi o apresentado por Hayes e colaboradores (2005). Neste estudo, os autores realizaram teste incremental de ergômetro de braço. Para isto, 13 lesados medulares (1 mulher, 3 tetraplégicos) com idade variando de 30 a 72 anos foram avaliados em um ergômetro de braço da marca Monark com analisador de gases (K4b system). A média de FC máx durante o teste foi de 143 bpm, com amplitude de valores de 96 a 216 bpm. Já o VO₂ pico teve média de 16,36 ml/kg/min e variou de 10,66 a 27,17 ml/kg/min. Estes valores foram semelhantes aos de resultados encontrados em outros estudos, mas a amplitude dos resultados demonstrou a não homogeneidade da amostra estudada, o que dificulta determinar parâmetros de variáveis aeróbias em pessoas com lesão da medula espinhal.

Ainda com a utilização da avaliação direta do consumo de O₂ e produção de CO₂, sete lesados medulares (paraplégicos) foram avaliados para determinar o impacto da ergonomia e variações do ambiente/cadeira/cambagens de rodas em testes de quadra. Foram avaliados variáveis de componentes cardiorrespiratórios através do analisador de gases (K4b2

system). Os resultados apresentaram valores de mediana do VO_2 pico 29,07 ml/kg/min- VCO de 35,33 ml/kg/min- FC máx de 181 bpm (VANLANDEWIJCK et al., 2006).

No estudo de Goosey-Tolfrey e Tolfrey (2008), foram avaliados 24 jogadores de basquete em cadeira de rodas. O protocolo consistiu na utilização de espaço de 20 metros em quadra com velocidade inicial de 2,36m/s e incrementos a cada minuto de 0,14m/s até os atletas não suportarem. Para verificação de correlação, foi utilizado também o protocolo de ergômetro computadorizado em cadeira de rodas conforme Goosey-Tolfrey (2005). A análise do VO_2 foi através de medida direta (Havard Apparatus) e a FC através de frequencímetro (Polar[®]). Os resultados apresentados foram: idade 29 ± 6 anos; massa corporal $73,7 \pm 10,9$ kg; VO_2 pico por ergoespirometria direta $2,66 \pm 0,49$ l/min; FC máx na ergoespirometria direta 188 ± 10 bpm; Distância percorrida no teste de quadra 2056 ± 272 metros e FC máx no teste de quadra: 186 ± 11 bpm. Em recente estudo deste mesmo grupo, Leicht, Bishop e Goosey-Tolfrey (2011) verificaram respostas relacionadas ao exercício submáximo (40% a 80% VO_2 pico) em atletas usuários de cadeiras de rodas, tetraplégicos, paraplégicos e não lesados. Os tetraplégicos avaliados pertenciam a uma equipe de Rugby em cadeira de rodas (n=8) com experiência de 7,8 anos no esporte. O VO_2 pico foi de $24,5 + 4,9$ ml/kg/min, com FC máxima de 129-12 bpm e pico de lactato de 4,95-1,28 mmol. O grupo paraplégico avaliado participa do basquetebol em cadeira de rodas com experiência de $12,2 + 5,3$ anos. Este grupo apresentou valores significativamente maiores que o grupo tetraplégico nas variáveis. O VO_2 pico foi de $34,9 \pm 5,1$ ml/kg/min, com FC máxima de 184 ± 10 bpm e pico de lactato de $8,47 \pm 2,75$ mmol. Estes números também indicam que a altura da lesão (quanto mais alta a lesão menor a capacidade aeróbia e suas variáveis) influencia nos resultados do componente aeróbio.

Num sentido contrário, o estudo publicado este ano por Morgulec-Andamowicz et al., (2011) no qual, avaliou 30 atletas de RCR da Polônia. Estes foram divididos em 4 grupos conforme classificação funcional do RCR. O objetivo era verificar há existência de diferenças entre os grupos para variáveis aeróbias, anaeróbias e de habilidades no RCR. Foram realizados testes através de exercício aeróbio máximo em esteira para cadeira de rodas com incrementos até a exaustão e Wingate test em ergômetro de braço para avaliação da potência. Os resultados apresentados foram: VO_2 pico $21,1 \pm 6,3$ no grupo I menor classificação funcional a $30,2 \pm 7,2$ ml/kg/min no grupo IV maior classificação funcional; Potência Pico 83 ± 35 no grupo I menor classificação funcional a 226 ± 28 W no grupo IV maior classificação funcional. Diante

destes resultados os autores afirmaram que a classificação funcional não interferiu nas respostas das variáveis avaliadas (principalmente na potência aeróbia), pois as diferenças entre os grupos só foram significativas entre o grupo I e grupo IV e não ocorreram para os grupos intermediários do RCR.

No quadro a seguir são sintetizados os principais aspectos relacionados a potência aeróbia nos artigos aqui apresentados para uma melhor visualização e obtenção das informações inerentes a cada estudo.

Quadro 05- Sumário dos estudos de pessoas com lesão da medula espinhal e aspectos relacionados a potência aeróbia.

Autores/ano	Objetivos	Amostra	Materiais e Métodos	Resultados/considerações
Bernard et al., (2000) Continuação quadro 05	Comparar aspectos de potência aeróbia entre grupo com lesão baixa e lesão alta;	12 atletas-paraplégicos (alto e baixo);	Cadeira de rodas em esteira-teste máximo-incremento de 1km/h/min;	Sem diferenças entre os grupos. Maiores valores no grupo lesão baixa.
Knechtle et al., (2001)	Verificar a possibilidade de uso de teste com inclinação em usuários de cadeira de rodas;	11 jogadores de basquete em cadeira de rodas- 8 LME-torácica	Cadeira de rodas em esteira- com inclinação-teste máximo; Níveis de lactato e FC máx.	Valores médios de VO ₂ máx 35,1±4,9ml/kg/min-lactato de 10,2±2,1 mmol e FC Max de 185±11,4bpm. Foi constatado que o teste com inclinação é algo válido na avaliação de usuários de cadeira de rodas.
Jacobs, Nash e Rusinowski (2001)	Avaliar efeitos do treinamento em circuito em paraplégicos;	10 homens paraplégicos;	12 semanas de treino em circuito- Exercícios resistidos e ergometria de braço com baixa intensidade;	Aumentos significativos (29,7%) no VO ₂ máx e na potência pico durante o teste com os braços. Este modelo de treino foi eficaz para melhora cardiovascular e capacidade de força.
Bougenot et al., (2003)	Avaliar efeitos do treinamento de 6 semanas nas variáveis cardiorrespiratória;	7 paraplégicos não treinados-homens-lesão com 12 anos e 35	Treino de 45 min de ergômetro de braço 3x por semana;	Aumentos significativos da potência pico (watts) e VO ₂ máx. O treinamento de 6 semanas foi eficiente nas variáveis avaliadas.

		anos de idade;		
Vanderthommen et al., (2002)	Propor teste progressivo em quadra;	37 paraplégicos (2 mulheres)- média de idade 36,5 anos;	VO ₂ máx direto- através do K4 portátil; Fc máx e lactato;	Teste considerado apto para usuários de cadeira de rodas com valores de VO ₂ 25,2±5,9ml/kg/min- 172±26 bpm e 5,4±1,9 mmol.
Dallmeijer et al., (2004)	Comparar respostas cardiorrespiratórias em ergômetro de braço (para deslocamento em ruas) e	9 PLME e 10 sem lesão; média de idade de 36 anos;	2 séries de 4 min submáximo seguidos de 1 min com potência crescente até a exaustão;	Ficou evidenciado a igualdade de respostas cardiorrespiratórias em ambos os grupos, mesmo utilizando-se de diferentes modelos de equipamentos para a avaliação aeróbia.
Continuação quadro 05.				
Hopman et al., (2004)	Comparar o VO ₂ máx em PLME diferentes níveis e um grupo não lesado;	10 controles não lesados, 6 tetras e 6 paraplégicos, média de idade 33 anos;	Cicloergômetro de braço com incremento de carga de 10W/min	Maior VO ₂ máx no grupo controle, seguido do grupo paraplégico e depois os tetraplégicos. Indicando uma limitação no VO ₂ provavelmente induzido pelo limitado fornecimento de O ₂ .
Knechtle et al., (2003)	Determinar a taxa de oxidação de gordura em cicloergômetro de braço;	10 atletas usuários de cadeira de rodas e 10 ciclistas treinados;	Avaliação em cicloergômetro de braço e bicicleta ergométrica respectivamente;	Os atletas com LME apresentaram maiores valores de lactato em cada intensidade quando comparado com os ciclistas. E os atletas cadeirantes alcançaram maior oxidação de gordura no cicloergômetro de braços, indicando a possibilidade de uso para treinamento.
Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr. (2005)	Avaliar aspectos cardiorrespiratórios em para e tetraplégicos;	5 paraplégicos e 5 tetraplégicos	Avaliações (direta) em repouso, na estimulação elétrica neuromuscular no quadríceps e na recuperação;	Quanto mais alta a lesão menor os valores de VO ₂ máx. Além de bradicardia e hipotensão no grupo tetraplégico.
Hayes et al.,	Avaliar o VO ₂	13 PLME- 3	Avaliados em	Média do VO ₂ máx foi de

(2005)	máx em teste incremental em cicloergômetro de braço;	tetraplégicos e uma mulher com idade variando de 30 a 72 anos;	ergômetro de braço com analisador K4;	16,36 ml/kg/min. Resultados dentro da média desta população, mas com grande amplitude de resultados.
Vanlandewijck et al., (2006)	Avaliar o VO ₂ máx em teste de quadra e variações de ambiente/cambagens	7 paraplégicos;	Análise de gases direta -portátil (K4);	Valores médio de VO ₂ pico 29,07 ml/kg/min e FC máx de 181 bpm.
Goosey-Tolfrey e Tolfrey (2008)	Correlacionar teste de quadra com teste em ergômetro de braço;	24 jogadores de basquete em cadeira de rodas -LME;	Teste de quadra com incremento de carga e ergoespirometria direta;	VO ₂ pico direto média de 2,66 l/min e Fc máx de 188 bpm; Teste de quadra Fc máx de 186 e distância de 2056 mts; Correlação entre o teste de quadra e o teste no ergômetro.
Continuação quadro 05.				
Leicht, Bishop e Goosey-Tolfrey (2011)	Verificar as respostas em exercício submáximo (40 a 80% do VO ₂ pico);	25 atletas cadeirantes (8-tetras; 9 paras e 8 não lesados medulares)	Análise direta do VO ₂ pico, lactato e Fc máx;	Os tetraplégicos apresentaram os menores valores (24,5 ml/kg/min) indicando que a lesão e a altura da lesão influenciam nas respostas da potência aeróbia. Sugestão de uso da FC como prescrição para tetras atletas.
Morgulec-Adamowicz et al., (2011)	Examinar aspectos aeróbios, anaeróbios e de habilidades do RCR com as diferentes classificações funcionais;	30 atletas de RCR da Polônia subdivididos pela classificação do RCR;	Exercício aeróbio máximo em esteira para cadeira de rodas com incrementos até a exaustão; Wingate test em ergômetro de braço;	VO ₂ pico 21,1 ±6,3 a 30,2 ±7,2 ml/kg/min; Potência Pico 83±35 a 226±28 W; Estes resultados demonstraram que a classificação funcional não interferiu nas respostas das variáveis avaliadas para classes intermediárias do jogo.

4.1.5 Considerações finais

A partir dos estudos revisados, observa-se uma grande variação de modelos, testes e maneiras de avaliar componentes fisiológicos relacionados aos sistemas

cardiorrespiratórios e circulatórios. Esta gama imensa de métodos parece estar relacionada à heterogeneidade da população/amostra, pois as lesões apresentam uma variação muito grande de acometimento e diversificações na sua incidência sobre a coluna vertebral. Conseqüentemente, os resultados, por mais similares que sejam em alguns aspectos, apresentam valores discretos de proximidade, revelando uma necessidade de padronização para estes procedimentos neste grupo amostral. No entanto, essa variação não desmerece nenhum destes estudos, ao contrário, serve de base para próximas pesquisas que se alavancam em cada grupo de estudo, sejam elas realizadas no Brasil ou em outra parte do mundo. Outro aspecto que fica evidente nos estudos aqui revisados com pessoas com lesão da medula espinhal é a interferência da altura da lesão nos resultados de variáveis aeróbias – quanto mais baixa a lesão (paraplegia), melhores são as condições aeróbias, em contrapartida, quanto mais alta a lesão (tetraplegia), piores são os resultados das variáveis aeróbias.

Fica claro, igualmente, a importância de utilização de recursos tecnológicos neste campo de pesquisa, pois, com tais recursos, obtém-se menor incidência de erros, proporcionando resultados mais sólidos a serem apresentados perante as avaliações criteriosas de publicações internacionais.

Além disso, citamos, como pontos fundamentais para prosseguir nas pesquisas desta área, que as avaliações devam ser realizadas em grupos o mais homogêneos possíveis, isto é, apresentando as mesmas condições físicas e, igualmente, com recursos tecnológicos avançados. Compreendemos, também, que estes estudos podem servir como ponto de partida para a elaboração de testes indiretos, que possam ser utilizados no dia a dia de trabalho de pessoas com lesão da medula espinhal.

4.1.6 Referências bibliográficas

BERNARD, P.L, MERCIER, J., VARRAY, A., PREFAUT, C. Influence of lesion level on the cardioventilatory adaptations in paraplegic wheelchair athletes during muscular exercise. **Spinal Cord**; 38: 16–25, 2000.

BOUGENOT, M.P. et al. Effects of wheelchair ergometer training program me on spinal cord-injured persons. **Spinal Cord**; 41: 451–456, 2003.

DALLMEIJER, A.J., ZENTGRAAFF, I.D., ZIJP, N.I., VAN DER WOUDE, L.H. Submaximal physical strain and peak performance in hand cycling versus hand rim wheelchair propulsion. **Spinal Cord**; 42: 91–98, 2004.

DENCKER, M., THORSSON, O., KARLSSON, M. K., LINDE'N, C., WOLLMER, P., ANDERSEN, L.B. Maximal oxygen uptake versus maximal power output in children. **J Sports Sci**; 26: 1397–1402, 2008.

ERIKSSON P, LOFSTROM L, EKBLUM B. Aerobic power during maximal exercise in untrained and well-trained persons with quadriplegia and paraplegia. **Scand J Rehabil Med**;20: 141-7, 1988.

GOOSEY-TOLFREY, V.L., TOLFREY, K. The multi-stage fitness test as a predictor of endurance fitness in wheelchair athletes. **J Sports Sci**; 26(5):511-7, 2008.

GOOSEY-TOLFREY, V.L. Physiological profiles of elite wheelchair basketball players in preparation for the 2000 Paralympics games. **Adapt Phys Activ Q**, 22:57-66, 2005.

GULATI, M., PANDEY, D.K., ARNSDORF, M.F., LAUDERDALE, D.S., THISTED, R.A., WICKLUND, R.H. et al. Exercise capacity and the risk of death in women. The St James women take heart project. **Circulation**. 108:1554–9, 2003.

HAISMA, J.A., WOUDE, L.H.V., STAM, H.J., BERGEN, M.P., SLUIS, T. BUSSMANN, J.B.J. Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature. **Spinal cord** 44, 642-652, 2006.

HAYES, A.M., MYERS, J.N., HO, M., LEE, M.Y., PERKASH, I., KIRATLI, B.J. Heart rate as a predictor of energy expenditure in people with spinal cord injury. **J Rehabil Res Dev**. Sep-Oct;42(5):617-24, 2005.

HOPMAN, M.T., HOUTMAN, S., GROOTHUIS, J.T., FOLGERING, H.T. The effect of varied fractional inspired oxygen on arm. Injury. **J Spinal Cord Med**. 31: 373-378, 2008.

HOPMAN, M.T., HOUTMAN, S., GROOTHUIS, J.T., FOLGERING, H.T. The effect of varied fractional inspired oxygen on arm exercise performance in spinal cord injury and able-bodied persons. **Arch Phys Med Rehabil**; 85: 319–323, 2004.

JACOBS, P.L., NASH, M.S., RUSINOWSKI, J.W. Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. **Med Sci Sports Exerc**; 33: 711–717, 2001.

- JANSSEN, T.W., DALLMEIJER, A.J., VEEGER, D.J, VAN DER WOUDE, L.H. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. **J Rehabil Res Dev**; 39: 29–39, 2002.
- KEMI, O.J., WISLOFF, U. High-intensity aerobic exercise training improves the heart in health and disease. **J Cardiopulm Rehabil Prev.** 30:2-11, 2010.
- KNECHTLE, B., KOPFLI, W. Treadmill exercise testing with increasing inclination as exercise protocol for wheelchair athletes. **Spinal Cord**; 39: 633–636, 2001,
- KNECHTLE, B., MULLER, G., WILLMANN, F., ESER, P., KNECHT, H. Comparison of fat oxidation in arm cranking in spinal cord-injured people versus ergometry in cyclists. **Eur J Appl Physiol**; 90: 614–619, 2003.
- LAVIS, T.D., SCENZA, W.M. Cardiovascular health and fitness in person with spinal cord injury. **Phys Med Rehabil Clin N Am.** 18:317-331, 2007.
- LEICHT, C.A., BISHOP, N.C., GOOSEY-TOLFREY, V.L. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. **Scan J Med Sci Sports** may 23, 2011.
- MYERS, J., LEE, M., KIRATLI, J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. **Am J Phys Med Rehabil.** 86:142-52, 2007.
- MORGULEC-ADAMOWICZ, N. KOSMOL, A., MOLIK, B., YLLA, A., LASKIN, J. Aerobic, anaerobic, and skill performance with regard to classification in wheelchair rugby athletes. **Res Q Exerc Sport.** Mar;82(1):61-9, 2011.
- NORONHA, D. P., FERREIRA, S. M. S. P. Revisões de literatura. In: CAMPELLO, B.S., CONDÓN, B.V., KREMER, J.M. (orgs.) **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais.** Belo Horizonte: UFMG, 2000.
- PAOLILLO, F.R., PAOLILLO, A.R. e CLIQUET JR. A. Respostas cardio-respiratórias em pacientes com traumatismo raquimedular. **Acta Orto Bras**, 13 (3) 2005.
- STEVENS, S.L. et al. Physical Activity and Quality of Life in Adults With Spinal Cord injury. **J Spinal Cord Med**; 31(4):373-8, 2008.
- TEASELL, R.W., ARNOLD, J.M., KRASSIOUKOV, A., DELANEY, G.A. Cardiovascular consequences of loss of supra-spinal control of the sympathetic nervous system after spinal cord injury. **Arch Phys Med Rehabil**; 81(4):506-16, 2000.

THEISEN, D. e VANLANDEWIJCK, Y. Cardiovascular responses and thermoregulation in individuals with spinal cord injury. **Eur Bul Adapted Phys Activity**; 1 (1), 2002.

VANDERTHOMMEN, M., FRANCAUX, M., COLINET, C., LEHANCE, C., LHERMEROUT, C., CRIELAARD, J.M., THEISEN, D. A multistage field test of wheelchair users for evaluation of fitness and prediction of peak oxygen consumption. **J Rehabil Res Dev**; 39(6):685-92, 2002.

VANLANDEWIJCK, Y., VLIET, P.V., VERELLEN, J. e THEISEN, D. Determinants of shuttle-run performance in the prediction of peak VO₂ in wheelchair users. **Disabil Rehabil**; 28 (20): 1259-1266, 2006.

4.2. Artigo 02 - Estimativa da potência aeróbia de praticantes de rugby em cadeira de rodas através de teste de quadra

4.2.1 Introdução

O Rugby em Cadeira de Rodas (RCR) é um esporte Paraolímpico que foi criado e oficializado no Canadá, no final da década de 70. Inicialmente, o esporte era uma alternativa para aqueles atletas com limitações nos membros superiores e que levavam grande desvantagem na prática do Basquete em Cadeira de Rodas, devido ao alto grau de comprometimento daqueles membros (YILLA e SHERRIL, 1998). A prática do RCR pode ser realizada por atletas que apresentam quadro de lesão da medula espinhal (LME) mais popular dentre os praticantes, podendo ser total ou parcial acima da primeira vértebra torácica (tetraplegia), com possibilidades de comprometimentos agravados em lesões na primeira vértebra torácica ou ainda quadro de tetra-equivalência (amputações de quatro membros e algumas síndromes que acometem 4 membros à nível neurológico) (INTERNATIONAL WHEELCHAIR RUGBY FEDERATION - IWRF, 2010). Para a participação no RCR, é necessário uma classificação funcional para determinar o nível de comprometimento de cada atleta e, também, possibilitar a atuação de diferentes níveis de lesão e comprometimento, já que cada equipe é composta de 4 atletas em quadra, e no somatório dos 4 atletas, não pode passar de 8 pontos em quadra. A classificação pontua as pessoas de menor comprometimento da medula espinhal com 3.5 e as de maior comprometimento com 0.5, tendo classificações intermediárias de (3.0; 2.5; 2; 1.5; e 1 ponto) (IWRF, 2010).

O RCR se assemelha muito ao Rugby tradicional. O esporte possui quase os mesmos objetivos e é um jogo que envolve forte contato físico e necessidade de ótimas capacidades físicas. Quadras de piso rígido, com as medidas do jogo de basquete de (15 metros de largura por 28 metros de comprimento), são utilizadas no RCR, ao contrário dos campos de grama no Rugby convencional. O RCR é considerado um esporte dinâmico, no qual os atletas praticam esforços intermitentes durante quatro tempos de 8 minutos cada, sendo fundamental aos praticantes agilidade para manusear a bola, acelerar, frear e direcionar a cadeira. (YILLA e SHERRIL, 1998; COMITÊ PARAOLÍMPICO BRASILEIRO - CPB, 2011; IWRF, 2010).

A avaliação periódica da potência aeróbia de atletas é importante para análise das capacidades específicas do sistema respiratório, sanguíneo, circulatório e muscular (PLATONOV, 2008), principalmente em atletas com deficiência física (lesão medular) que possuem inúmeras alterações fisiológicas (BHAMBHANI, 2002). A potência aeróbia é uma importante variável para participantes de jogos em cadeira de rodas (GOOSEY-TOLFREY e TOLFREY, 2008; GOOSEY-TOLFREY, 2005). De acordo com Bompa (2002), a importância do treinamento adotando o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) está no fato do nível de oxigênio no músculo, durante a prática do exercício, ser um fator limitante do desempenho.

O índice fisiológico utilizado para a predição da potência aeróbia (tanto em usuários de cadeira de rodas quanto em indivíduos sem lesão medular) é o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), definido como a máxima captação de oxigênio alcançada por um determinado indivíduo durante um esforço (DENADAI, 2000; ROBERTS e ROBERTS, 2002; VINET et al., 2002;). Na tetraplegia, devido à redução da atuação simpática e diminuição da massa muscular funcional, ocorre a redução da capacidade de trabalho, redução da frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) durante o exercício e redução da capacidade cardiorrespiratória (capacidade e potência aeróbia), principais aspectos para o desenvolvimento da fadiga precoce (JACOBS e NASH, 2004; HAISMA et al., 2006). Ainda neste aspecto, vários autores indicam que os valores do $VO_{2máx}$ em atletas LME são reduzidos quando comparados às pessoas sem deficiência, devido à menor frequência cardíaca e ventilação (HOUNKER et al, 1998; LAKOMY, CAMPBELL e WILLIAMS, 1987; VINET et al, 2002) e redução da circulação sanguínea para os músculos ativos no exercício, além de alterações do controle simpático (THIJSSSEN, STEENDJIK e HOPMAN, 2009).

Avaliações físicas, com medidas e instrumentos laboratoriais em relação ao consumo máximo de O_2 , fornecem informações precisas e extremamente úteis para avaliação da capacidade aeróbia. Entretanto, o alto custo dos equipamentos, as adaptações necessárias, o grande tempo para realização de testes individuais e procedimentos proibitivos para avaliações de grandes grupos tornam necessária a busca por avaliações em campos, pistas e quadras para usuários em cadeira de rodas (FRANKLIN et al., 1990). Atualmente, testes de campo e com fácil acessibilidade são muito importantes, pois podem ser usados como ferramenta nas áreas de reabilitação e ciências do esporte, vindo a auxiliar na evolução do desempenho aeróbio em sedentários, atletas e usuários de cadeira de rodas atletas ou não. Além disto, há alguns testes de

quadra que apresentam ótima correlação com resultados comparados as análises diretas de consumo máximo de oxigênio, o que possibilita a utilização em grandes grupos e validade para posteriores comparações (BARFIELD et al., 2010; FRANKLIN et al., 1990; VANDERTHOMMEN et al., 2002; TRISTCHLER, 2003).

Apesar dos esforços para desenvolvimento de teste de campo/quadra, percebe-se carência de estudos científicos e tabelas normativas relacionados ao comportamento das variáveis fisiológicas para prescrição, controle e cuidados das sessões de treinamentos em participantes de esportes em cadeira de rodas, tanto na literatura nacional quanto internacional. Um dos possíveis motivos é a falta da homogeneidade do padrão físico dos usuários de cadeira de rodas, muitas vezes, compostas por pessoas com diferentes níveis de lesões e comprometimentos da medula espinhal que, por sua vez, implicam em diversas alterações neuromusculares, metabólicas e fisiológicas que precisam ser analisadas de forma específica para a prescrição de exercícios de forma organizada.

Especificamente em relação à avaliação da potência aeróbia em usuários de cadeira de rodas, esta pode ser realizada de forma direta, através de protocolos laboratoriais de ergômetro de braço, ergômetro de cadeira de rodas e cadeira de rodas em esteira específica para este fim (GOOSEY-TOLFREY, CASTLE e WEBBORN, 2006; JANSSEN et al., 2002; MORGULEC et al., 2006) e de forma indireta, através de gestos técnicos e testes de campo (BARFIELD et al., 2010; FRANKLIN et al., 1990; VANDERTHOMMEN et al., 2002;). Segundo Tristchler (2003), testes de campo são vantajosos, pois, são de baixo custo, de fácil aplicação e é possível avaliar grandes grupos em pouco tempo.

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a potência aeróbia estimada de atletas com lesão medular praticantes de RCR, através de um teste de 12 minutos em quadra.

4.2.2 Materiais e métodos

As coletas de dados foram realizadas no Ginásio da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas - FEF/UNICAMP, conforme aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp – protocolo nº 276/2010. Inicialmente, foram explicados os procedimentos a serem realizados e seus objetivos científicos.

A etapa seguinte consistiu na realização de anamnese e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido.

Os sujeitos do presente estudo foram dez praticantes de RCR, tetraplégicos completos e incompletos (lesões medulares de C5 a T1), do sexo masculino, com idades entre 21 e 41 anos. Todos os sujeitos tinham, no mínimo, um ano de prática da modalidade.

O grupo realizava treinamento de RCR 3x por semana com carga horária aproximada de 8 a 12 horas/semana. Na época desta avaliação, os atletas estavam em período pré-competitivo. As sessões de treinamento foram constituídas basicamente por aspectos físicos: movimentações com a cadeira de rodas, trocas de direção, paradas bruscas e saídas rápidas e rolagem de cadeira contínua para os momentos de aquecimento e pós-sessão de treino, além de exercícios de tração e com sobrecarga (exercícios resistidos em alguns momentos); aspectos técnicos e táticos do RCR (menor ação de aspectos físicos): movimentações e orientações de posicionamento para cada situação de jogo, explicações de regras e estratégias de ataque e defesa para as diferentes possibilidades de adversários (relacionado à classificação funcional) e orientações de regras. A descrição dos sujeitos segue na Tabela 01.

Tabela 01 – Características dos sujeitos avaliados.

Sujeitos	Idade (anos)	Altura da Lesão	Classif. Funcional	Tempo de lesão
A	33,6	C6,C7	1.5	6,2
B	22,8	C7	2.5	6,3
C	24,6	C6-C7	2.5	3,5
D	33,6	C4-C5-C6	1.0	15,7
E	24,0	C6	1.5	5,6
F	29,4	T1#	3.5	7,2
G	36,2	C5	0.5	13,7
H	21,0	C6	2	5,4
I	41,1	C5,C6	2	7,6
J	30,2	C5,C6,C7	1.5	3,4
Média	29,6	-		7,5
DP	6,5	-		4,1
Mín.	21	-		3,4
Máx.	41,1	-		15,7

LME – Lesão da Medula Espinhal, Mín – mínimo; Máx – máximo.

- O sujeito F apresenta lesão em vértebra torácica, mas devido ao comprometimento ocasionado pela mesma, após várias classificações funcionais para o jogo foi permitida sua participação no RCR (INTERNATIONAL WHEELCHAIR RUGBY FEDERATION, 2010; ORR e MALONE, 2010).

Para a coleta de dados em relação à massa corporal e estatura, foram utilizados uma balança de marca Filizola[®] com precisão de 0,1kg, um estadiômetro horizontal com precisão de 0,1 cm e dois colchonetes para apoio dos sujeitos ao solo. Para o teste de estimativa da potência aeróbia, foram utilizadas cadeira de rodas esportivas específicas da modalidade, quadra de piso rígido não-escorregadio, oito cones, dois cronômetros e um frequencímetro da marca Polar[®] (Finlândia) modelo RS800CX, para registro dos valores da frequência cardíaca.

Para a coleta da massa corporal e estatura, foram utilizados os procedimentos descritos por Gorla, Campana e Oliveira (2009), nos quais os sujeitos são posicionados sentados e deitados respectivamente.

O teste para estimativa da potência aeróbia foi realizado conforme protocolo proposto por Franklin et al. (1990), no qual é delimitado um retângulo na quadra de piso rígido não escorregadio, com medidas de 25 x 15 metros, e, neste retângulo, são colocados cones em cada uma das extremidades e também a cada 2 metros de seus respectivos vértices, de maneira a se obter um perímetro de 75,32 metros. Para a realização do teste, os sujeitos deveriam percorrer a maior distância possível em torno do retângulo delimitado na quadra (Figura 01), sentados nas cadeiras de rodas esportivas, no período de 12 minutos.

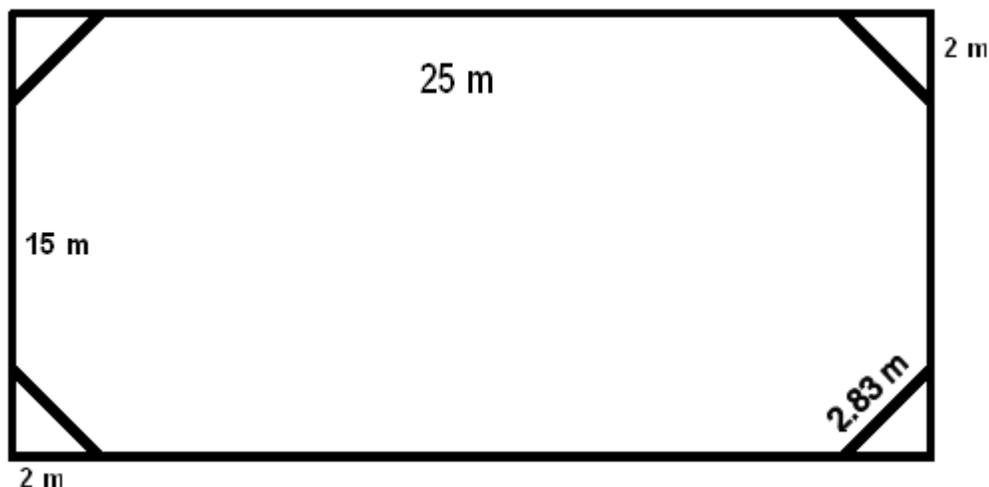


Figura 01- Circuito delimitado em quadra para realização do teste de potência aeróbia.

Após a realização do teste de quadra, foi calculada a distância em metros percorrida por cada usuário em sua cadeira de roda esportiva e, em seguida, os valores foram

convertidos de metros para milhas para a inserção dos valores de todos os usuários na equação proposta por Franklin et al. (1990), exposta a seguir:

$$VO_{2m\acute{a}x} \text{ (ml.kg.min}^{-1}\text{)} = ((\text{Dist\~{a}ncia milhas} - 0,37)/0,0337)$$

Através da equação acima, é possível obter o $VO_{2m\acute{a}x}$ estimado e uma classificação correspondente para cada atleta avaliado. No Quadro 01 os valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ são classificados de acordo com o nível de condicionamento proposto por Franklin et al. (1990) para indivíduos usuários de cadeira de rodas

Quadro 1- Nível de classificação da potência aeróbia (estimada) de Franklin et al. (1990).

Distância (milhas/metros)	$VO_{2m\acute{a}x}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	Nível de condicionamento
<0,63/<1,013	<7,7	Pobre
0,6 – 0,86/1,0129 – 1,384	7,7 – 14,5	Abaixo da média
0,87 – 1,35/1,400 – 2,17	14,6 – 29,1	Médio
1,36 – 1,59/2,188 – 2,558	29,2 – 36,2	Bom
≥1,60/≥2,574	≥36,3	Excelente

Os dados foram analisados através de estatística descritiva (média, desvio padrão, mínimo e máximo). Em seguida, verificou-se a normalidade dos dados de frequência cardíaca através dos coeficientes de assimetria e curtose, conforme proposição de Hair Jr. et al. (2009). Segundo estes autores, os testes estatísticos Shapiro Will e Kolmogorov e Smirnov são muito sensíveis para amostras menores de 30 sujeitos. Utilizou-se, ainda, a ANOVA *one way* para a comparação dos dados de frequência cardíaca ao longo da realização do teste de 12 minutos/recuperação e a correlação de *Pearson* para relacionar variáveis. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos para análises de comparação.

4.2.3 Resultados

O objetivo deste estudo, foi avaliar a potência aeróbia estimada de praticantes de Rugby em Cadeira de Rodas através de um teste de 12 minutos em quadra, os resultados antropométricos são apresentados na Tabela 02.

Tabela 02- Dados antropométricos das pessoas com lesão da medula espinhal.

Sujeitos	Massa (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m²)
A	60,6	1,76	19,57
B	66,74	1,72	22,56
C	56,26	1,57	22,83
D	72,64	1,85	21,23
E	61,71	1,75	20,15
F	57,23	1,69	20,04
G	62,59	1,70	21,66
H	75,16	1,83	22,44
I	67,78	1,79	21,15
J	64,56	1,86	18,66
Média	64,5	1,75	21
DP	6,2	0,09	1,4
Mín.	56,2	1,57	18,66
Máx.	75,1	1,86	22,83

IMC – Índice de Massa Corporal. DP: desvio-padrão; Mín: mínimo; Máx: máximo.

Os resultados da distância percorrida em metros durante o teste de 12 minutos para avaliação da estimativa da potência aeróbia são apresentados na Tabela 03, assim como os valores de FC durante o repouso (FC rep), ao final do teste (FC final), 3 minutos após o final do teste (FC 3´) e 5 minutos após o final do teste (FC 5´).

Após a obtenção dos resultados do teste em metros, estes resultados foram convertidos em milhas com a intenção de se efetuar o cálculo dos valores de estimativa do VO_{2máx} (ml/kg/min) conforme protocolo proposto por Franklin et al. (1990). A classificação individualizada da potência aeróbia estimada encontra-se na Tabela 03.

Tabela 03- Resultados e classificação dos sujeitos no teste de potência aeróbia estimada.

Sujeitos	Distância (mts)	Distância (milhas)	VO ₂ máx (ml/kg/min)	Classificação (Franklin et al. 1990)	FC rep.	FC final	FC 3'	FC 5'
A	1737,36	1,08	21,20	Médio	85	130	100	93
B	2066,8	1,29	27,30	Médio	72	123	100	104
C	2187,78	1,37	29,54	Bom	74	176	112	103
D	821,2	0,51	4,23	Pobre	81	102	93	87
E	1525,14	0,95	17,27	Médio	72	88	66	64
F	2033,64	1,27	26,69	Médio	70	110	155	144
G	1209,02	0,75	11,42	Abaixo da media	61	93	69	65
H	1646,72	1,03	19,52	Médio	104	113	100	100
I	1251,78	0,78	12,21	Abaixo da media	73	115	110	100
J	1315,44	0,82	13,39	Abaixo da média	75	96	91	82
Média	1579,5	0,99	18,3	Médio	76,7	114,6*	99,6*	94,2*#
DP	439,1	0,3	8,1	-	11,5	25,3	24,8	22,8

FC – frequência cardíaca em bpm; FC3 – frequência cardíaca após três minutos de recuperação; FC5 – frequência cardíaca após 5 minutos de recuperação. *p<0,05 vs repouso; # p<0,05 vs final.

Os resultados de FC ao final do teste de 12 min e ao longo da recuperação foram maiores e significativamente diferentes quando comparados com os valores de repouso. E com 5 minutos de recuperação os valores de FC foram diferentes dos resultados ao final do teste de 12 min.

Também testamos a relação entre a potência aeróbia e a classificação funcional proposta pela RCR, para verificar se, na amostra estudada, existe o indício de que, quanto maior o comprometimento (lesão mais alta normalmente), menor a capacidade de realizar exercícios; fato que foi evidenciado no estudo através do índice de VO₂ máx. A correlação de Pearson foi utilizada para testar a relação entre as variáveis. Através deste método, ficou comprovada a relação entre consumo máximo de oxigênio e o nível da lesão – quanto maior o consumo de oxigênio, maior a classificação funcional e menor o comprometimento do lesado medular respectivamente (r=0,77 p<0,05). A Figura 02 ilustra este resultado.

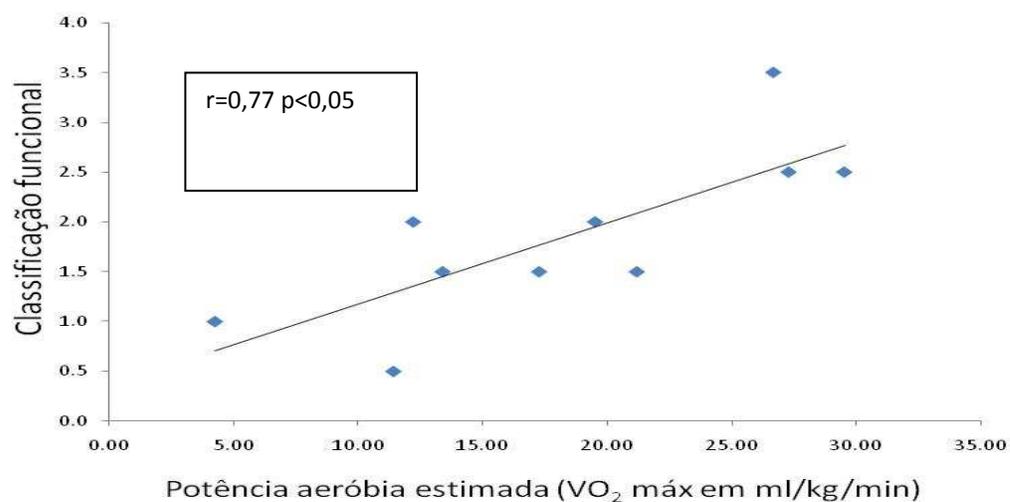


Figura 02- Correlação da classificação funcional e potência aeróbia.

4.2.4 Discussão

Com o objetivo de avaliar a potência aeróbia de pessoas com lesão da medula espinhal, praticantes de RCR, utilizamos um teste para usuários de cadeira de rodas. A escolha por este protocolo foi devido ao fato de possuir boa correlação ($r=0,84$; $p<0,001$) com a medida direta de VO_2 máx (FRANKLIN et al., 1990), e possibilitar aos sujeitos tetraplégicos a sua realização, pois a grande maioria dos protocolos com ergômetros de braços não são adaptáveis para tal população devido ao fato de PLME tetraplégicas possuírem severo comprometimento do tronco e, conseqüentemente, não conseguirem se manter estáveis sobre a maioria dos ciclos ergômetros. Além disto, este protocolo não necessita de sinal sonoro específico, o que no Brasil não foi validado para usuários de cadeira de rodas, e possibilita, ainda, a realização de curvas com angulação de aproximadamente 90 graus, o que facilita sua realização por parte de usuários tetraplégicos (com grande comprometimento postural), ao invés de curvas de 180 graus que dificultam e não representam a condição aeróbia dos avaliados nesta condição, mas sim, o grau de comprometimento da lesão, a força/potência muscular localizada e habilidade na cadeira de rodas esportiva.

O grupo avaliado (dez sujeitos) apresentou a potência aeróbia estimada por valores de VO_2 máx de $18,3 \pm 8,1$ ml/kg/min classificado, conforme tabela de Franklin et al. (1990), como valores médios para usuários de cadeira de rodas em geral. Desses, cinco sujeitos

apresentaram nível de condicionamento médio, três sujeitos apresentaram nível de condicionamento abaixo da média, um sujeito nível bom e outro sujeito apresentou nível de condicionamento pobre. No entanto, vale ressaltar que a equação proposta por Franklin et al. (1990) não é específica para usuários de cadeira de rodas com tetraplegia, porém, é a que mais se aproxima da realidade da população desse estudo. Mesmo assim, realizou-se uma busca em bancos de dados para verificar os valores comumente encontrados para a referida população (Quadro 02).

Quadro 02- Resumo de estudos de avaliação cardiorrespiratória em tetraplégicos.

Estudo	Sujeitos	VO ₂ máx	Campo	Laboratorial
Goosey-Tolfrey, Castle, Webborn, 2006	8 sujeitos (tetraplégicos)	0,96±0,17 (l/min) com 71,6 kg ~ 13,4 ±2,37 ml.(kg.min) ⁻¹	-	Ergômetro de Braços adaptado
Barfield et. al., 2010	9 sujeitos (tetraplégicos)	16,01±4.65 ml.(kg.min) ⁻¹	Ações técnicas na cadeira de rodas	
Janssen et al. 2002	166 sujeitos (Paraplégico e Tetraplégicos)	21,6±10,7 ml.(kg.min) ⁻¹	-	Ergômetro para Cadeira de Rodas
Morgulec et al. 2006	14 sujeitos (Tetraplégicos)	27,36±4,8 ml.(kg.min) ⁻¹	-	Esteira para Cadeira de Rodas
Morgulec-Andamowicz et al, 2011	30 atletas de RCR (tetraplégicos)	21,1 ±6,3 a 30,2 ±7,2 ml/kg/min;		Esteira para cadeira de rodas com incrementos até a exaustão;

No grupo estudado, o valor médio obtido sobre a variável fisiológica VO₂máx foi superior ao valor encontrado por Goosey-Tolfrey, Castle, Webborn (2006); estudo no qual os participantes eram de 2 modalidades esportivas (tênis e RCR) e no qual, realizando uma conversão dos números apresentados pelos autores, foi apresentado o valor médio do grupo em relação ao VO₂ pico de 13,4 ±2,37ml/kg/min. Neste estudo, os autores relataram que, a partir das variáveis analisadas, a equipe britânica alcançou valores elevados de capacidade aeróbia quando

comparados com a literatura até àquele momento. A evolução nos treinamentos e nas condições de cuidados com pessoas com lesão da medula espinhal são importantes fatores a serem levantados neste aspecto. Jacobs, Nash e Rusinowski (2001) avaliaram os efeitos do treinamento em circuito (12 semanas) sobre a capacidade cardiorrespiratória e força muscular em paraplégicos. Aumentos significativos foram observados no consumo máximo de oxigênio (29,7%, $p < 0,01$) e na potência de pico durante o teste do braço ($p < 0,05$). Outro estudo importante, aplicando o treinamento físico como situação de intervenção em pessoas com lesão da medula espinhal, foi o de Bougenot et al. (2003). Neste estudo, realizado com 7 indivíduos paraplégicos não treinados do sexo masculino que, após um programa de treinamento com duração de 6 semanas, em esteira rolante própria para cadeira de rodas, foram avaliados; e as análises sobre variáveis cardiorrespiratórias em teste ergométrico foram estudadas. Os resultados obtidos mostraram aumentos significativos das variáveis $VO_{2\text{máx}}$ e potência pico (watts).

Estudo com resultados de potência aeróbia similar ao nosso estudo foi realizado por Barfield et al. (2010), cuja a amostra era composta por atletas praticantes de RCR e apresentou VO_2 pico de $16,01 \pm 4,65 \text{ ml} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$. Barfield et al. (2010) investigaram a capacidade cardiorrespiratória de praticantes de RCR para determinar e manter a intensidade de treinamento durante o RCR. Eles avaliaram 9 jogadores de RCR americanos, através de analisador de gases em ergômetro de braço e com frequencímetro, para determinar os valores de FC e FC de reserva como parâmetro de intensidade dos treinamentos do RCR. A FC máxima chegou ao valor médio de 118 ± 17 batimentos no grupo estudado. Interessante, neste estudo, foi a análise da FC durante as 3 sessões de treinamento, nas quais foram divididas as principais ações dos jogadores de RCR (embalar a cadeira continuamente, embalar com trocas de direção/contatos de jogo, passes e giros e situação de coletivo/jogo). Os valores médios de FC encontrados nestas situações foram de 105 ± 13 bpm. Vale ressaltar que este estudo não apresentou a classificação funcional ASIA, mas a classificação funcional do jogo RCR, usada pela IWRF. Através deste estudo, os autores deixaram claro que os praticantes de RCR apresentaram platô, em relação à FC, durante o exercício; resultado este que pode ser deduzido pela limitação do débito cardíaco, transporte e consumo de O_2 , e da capacidade funcional da prática dos exercícios nesta população (BIRK et al., 2001, BRAVO et al., 2004).

Limitações periféricas também podem confundir respostas agudas, além da disponibilidade limitada da massa muscular e a redução da atividade da bomba muscular serem

grandes inibidores da capacidade máxima de exercício (BIRK et al., 2001). Os resultados deste estudo indicam que os participantes de RCR podem se exercitar em uma intensidade (70% da FC de reserva) que provoque melhorias na aptidão cardiorrespiratória, dada concepção adequada das condições de treinamento, sem manipulação médica ou terapêutica. Os resultados de FC máxima, em nosso estudo, foram semelhantes aos citados nesta discussão. Normalmente, indivíduos tetraplégicos apresentam bradicardia de repouso e pouca resposta de FC ao aumento do exercício físico. Isto acontece devido a lesão medular, principalmente a lesão completa e em menor grau a lesão medular incompleta, interromper a atividade simpática cardíaca. Na nossa amostra, tivemos participantes com lesão medular incompleta e seus valores de FC final foram semelhantes ao de indivíduos não lesados, supondo que, provavelmente, a lesão medular não prejudicou esta importante função, o que propicia melhores resultados relacionados à função cardíaca em exercício e às variáveis de capacidade aeróbias. Não por acaso, o indivíduo com maior valor de potência aeróbia estimada foi um participante com lesão medular incompleta.

Vários autores associam a prática regular de exercício físico com múltiplos resultados positivos entre indivíduos com lesão medular, incluindo a melhora da capacidade cardiorrespiratória (JACOBS e NASH, 2004; JACOBS, NASH e RUSINOWSKI, 2001), melhora da capacidade muscular (JANSSEN et al., 2002), melhora funcional (STREADWARD, 1998) e redução do esforço necessário para realizar atividades da vida diária (JANSSEN et al., 1996), além de redução do risco de doenças secundárias (KOSMA, CARDINAL e RINTALA, 2002).

O estudo que apresentou características da amostra semelhantes ao nosso, mas com valores de potência aeróbia superiores, foi o estudo de Morgulec et al. (2006). Os pesquisadores avaliaram 14 jogadores da Liga Polonesa de RCR em dois anos consecutivos (2003 e 2004) para verificar o efeito do treinamento no desempenho aeróbio realizado ao longo deste período. Neste estudo, as avaliações foram realizadas em esteira rolante adaptada para usuários de cadeira de rodas, e avaliação do componente aeróbio foi feita através de análise direta de gases. O valor médio do VO_2 pico encontrado em 2003 foi de $19,86 \pm 4,89$ ml/kg/min e, no ano seguinte, após um ano de treinamento, os valores foram significativamente maiores ($27,36 \pm 4,8$ ml/kg/min). Este incremento foi justificado pelos autores como sendo devido as possíveis alterações da melhora da capacidade de resistência funcional, bem como melhora nos fatores de risco, tais como, redução de riscos de hipertensão, obesidade e acidente vascular encefálico. Indivíduos tetraplégicos praticantes de esportes têm tendência à redução da estimulação simpática

e, conseqüentemente, redução dos efeitos circulatórios acarretados pelos exercícios (WELLS e HOOKER, 1990). No entanto, Eggers e colaboradores (2001) indicam que não está totalmente claro se estes efeitos do treinamento foram devidos a alterações centrais (volume de ejeção, débito cardíaco e ou ventilação minuto) ou fatores periféricos (atividade enzimáticas, diferença artério-venosa).

Tanto no estudo de Morgulec et al. (2006), quanto no estudo de Janssen et al. (2002), os valores médios de VO_2 máx encontrados são superiores aos encontrados em nosso estudo – $27,36 \pm 4,8$ ml/kg/min e $21,6 \pm 10,7$ ml.(kg.min)⁻¹ respectivamente. Isto pode ser explicado pela forma de avaliação, já que os estudos aqui citados avaliaram o VO_2 máx de forma direta, enquanto o que apresentamos nesse estudo é o VO_2 máx estimado. Além disso, Janssen et al. (2002) utilizaram, em sua amostra, atletas com paraplegia, ou seja, atletas que, além de apresentarem menor comprometimento funcional e aeróbio, podem apresentar, através do treinamento, melhora significativa nos níveis de potência e capacidade aeróbia em relação aos tetraplégicos.

Também com valores acima dos encontrados em nosso estudo, Morgulec-Andamowicz et al., (2011) avaliou 30 atletas de RCR da Polônia. Estes foram divididos em 4 grupos conforme classificação funcional do RCR. O objetivo era verificar há existência de diferenças entre os grupos para variáveis aeróbias, anaeróbias e de habilidades no RCR. Foram realizados testes através de exercício aeróbio máximo em esteira para cadeira de rodas com incrementos até a exaustão e Wingate test em ergômetro de braço para avaliação da potência. Os resultados encontrados foram: VO_2 pico $21,1 \pm 6,3$ no grupo I - menor classificação funcional a $30,2 \pm 7,2$ ml/kg/min no grupo IV - maior classificação funcional; Potência Pico 83 ± 35 no grupo I - menor classificação funcional a 226 ± 28 W no grupo IV - maior classificação funcional. Diante destes resultados os autores afirmaram que a classificação funcional não interferiu nas respostas das variáveis avaliadas (principalmente na potência aeróbia), pois as diferenças entre os grupos só foram significativas entre o grupo I e grupo IV e não ocorreram para os grupos intermediários do RCR. Isto parece ser algo diferente do que a maioria dos autores tem sugerido nos estudos, inclusive em nosso estudo a relação entre nível de lesão/classificação funcional e potência aeróbia é uma correlação negativa, no qual, quanto menor a classificação funcional, maior os níveis de potência aeróbia.

Esta abordagem de comparação entre os níveis de classificação funcional e as variáveis importantes na prática do RCR, abre novas discussões para a comparação de grandes grupos de tetraplégicos para uma confirmação da não diferença estatística entre grupos dentro da classificação funcional do RCR.

4.2.5 Considerações Finais

A potência aeróbia estimada de pessoas com lesão da medula espinhal – tetraplégicos praticantes de Rugby em cadeira de rodas – mostrou-se dentro da normalidade para esta população quando comparado com outros estudos e escalas já elaboradas. O protocolo que usamos propicia um quadro de referência e, neste quadro, o valor da potência aeróbia média do grupo indicou o nível bom – algo mediano na escala desenvolvida por Franklin et al. (1990).

Estudos que apresentaram valores superiores aos encontrados em nosso estudo foram realizados com avaliação ergoespirométrica direta, e esta diferença de método pode ser um fator importante para novas avaliações.

4.2.6 Referências Bibliográficas

BARFIELD, J. P.; MALONEB, L. A.; ARBOC, C.; JUNG, A. P. Exercise intensity during wheelchair rugby training. **J Sports Sci.** v. 28, n. 4, p. 389-398, 2010.

BHAMBHANI, Y. Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury. **Sports Med.** v.32, n.1, p. 23-51, 2002.

BIRK, T. J., NIESHOFF, E., GRAY, G., STEEBY, J., e JABLONSKI, K.. Metabolic and cardiopulmonary responses to acute progressive resistive exercise in a person with C4 spinal cord injury. **Spinal Cord.** 39, 336–339, 2001.

BOMPA, T. O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento.** São Paulo: Phorte Editora, 2002.

BOUGENOT MP et al. Effects of a wheelchair ergometer training programme on spinal cord-injured persons. **Spinal Cord.** 41: 451–456, 2003.

BRAVO, G., GUIZAR-SAHAGUN, G., IBARRA, A., CENTURION, D., e VILLALON, C. M.. Cardiovascular alterations after spinal cord injury: An overview. **Curr Med Chem Cardiovasc Hematol Agents**. 2, 133–148, 2004.

COMITÊ PARAOLÍMPICO BRASILEIRO – CPB. Rúgbi em cadeira de rodas. Disponível em: <http://www.cpb.org.br/esportes/modalidades/rugbi-em-cadeira-de-rodas> . Acesso em abril de 2011.

DENADAI, B.S. Avaliação aeróbia: consumo máximo de oxigênio ou resposta do lactato sanguíneo? In: DENADAI, B.S, editor. **Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. Rio Claro: Motrix, p.3-24, 2000.

EGGERS, L., CARSON, C., EVANS, K., SWANK, A.M. ADAMS, K.J. BARNARD, K. L., et al. Limits factors for increasing VO₂ peak for individuals with spinal cord injury. **Clinical Exercise Physiology**. 3(1), 10-16, 2001.

FRANKLIN, B.A.; SWANTEK, K.I.; GRAIS, S.L.; JOHNSTONE, K.S.; GORDON, S.; TIMMIS, G.C. Field test estimation of maximal oxygen consumption in wheelchair users. **Arch Phys Med Rehabil**. v. 71, n. 8, p. 574-578, 1990.

GOOSEY-TOLFREY, V.L. Physiological profiles of elite wheelchair basketball players in preparation for the 2000 Paralympics games. **Adapt Phys Activ Q**, 22:57-66, 2005.

GOOSEY-TOLFREY, V., CASTLE, P., WEBBORN, N. Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. **Br J Sports Med**. v. 40, p. 684-687, 2006.

GOOSEY-TOLFREY, V., TOLFREY, K. The multi-stage fitness test as a predictor of endurance fitness in wheelchair athletes. **Journal of sports sciences**. 26(5): 511-517, 2008.

GORLA, J. I., CAMPANA, M. B., OLIVEIRA, L. Z. **Teste e avaliação em esporte adaptado**. 1 ed. São Paulo: Phorte, 2009.

HAISMA, J. A., VAN DER WOUDE, L. H. V., STAM, H. J.; BERGEN, M. P., SLUIS, T. A. R.; BUSSMANN, J. B. J. Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature. **Spinal Cord**. v 44, pp. 642–652, 2006.

HAIR Jr, J.F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L. **Análise Multivariada de dados**. 6ª Ed. Porto Alegre: Bookmann, 2009.

HOUNKER M, SCHMID A, SORICHTER S, SCHMIDT TRUCKSÄB A, MROSEK P, KEUL J. Cardiovascular differences between sedentary and wheelchair trained subjects with paraplegia. **Med Sci Sports Exerc**. v. 30, p. 609-613, 1998.

INTERNATIONAL WHEELCHAIR RUGBY FEDERATION. IWRP Classification Manual – 3rd. edition, 2008. Disponível em : <http://www.iwrf.com/classification.html> Acesso em dezembro de 2010.

JACOBS, P. L., M. S. NASH, RUSINOWSKI J. W. Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. **Med. Sci. Sports Exerc.** 33, 711–717, 2001.

JACOBS, P., e NASH, M. Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury. **Sports Medicine.** 34, 725–751, 2004.

JANSSEN, T. W. J., DALLMEIJER, A. J., VEEGER, D. H. E. J., E VAN DER WOUDE, L. H. V. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. **J Rehabil Res Dev.** 39, 29–39, 2002.

JANSSEN, T. W. J., VAN OERS, C. A. J. M., ROZENDAAL, E. P., WILLEMSSEN, E. M., HOLLANDER, A. P., & VAN DER WOUDE, L. H. V. Changes in physical strain and physical capacity in men with spinal cord injuries. **Med Sci Sports Exerc.** 28, 551–559, 1996.

KOSMA, M., CARDINAL, B. J., e RINTALA, P. Motivating individuals with disabilities to be physically active. **Quest.** 54, 116–132, 2002.

LAKOMY, H. K. A.; CAMPBELL, M. A. I.; WILLIAMS, C. Treadmill performance and selected physiological characteristics of wheelchair athletes. **Br J Sports Med.** v. 21, n. 3, p. 130-133, 1987.

MORGULEC, N.; KOZMOL, A.; MOLIK, B.; HÜBNER-WOŹNIAK, E.; RUTKOWSKA, I. The effect of training on aerobic performance in wheelchair rugby players. **Med. Sports Press.** v. 12, n. 2, pp. 195-198, 2006.

MORGULEC-ADAMOWICZ, N. KOSMOL, A., MOLIK, B., YLLA, A., LASKIN, J. Aerobic, anaerobic, and skill performance with regard to classification in wheelchair rugby athletes. **Res Q Exerc Sport.** Mar;82(1):61-9, 2011.

ORR, K.; MALONE, L. A. Wheelchair Rugby. In: **Wheelchair Sport: a complete guide for athletes, coaches and teachers.** GOOSEY-TOLFREY, V. (org.). Human Kinetics, 2010.

PLATONOV, V. N. **Tratado geral de treinamento desportivo.** São Paulo: Phorte, 2008.

ROBERTS, R. A.; ROBERTS, S. O. **Princípios fundamentais de Fisiologia do Exercício para aptidão, desempenho e saúde.** São Paulo: Phorte, 2002.

STEADWARD, R. Musculoskeletal and neurological disabilities: Implications for fitness appraisal, programming and counseling. **Can J Appl Physiol.** 23, 131–165, 1998.

THIJSSSEN, D. H. J.; STEENDIJK, S; HOPMAN, M. T. E. Blood redistribution during exercise in subjects with spinal cord injury and controls. **Med. Sci. Sports Exerc.** v. 41, n.6, p. 1249-1254, 2009.

TRITSCHLER, K. Avaliando a aptidão musculoesquelética e motora. In: **Medida e Avaliação em Educação Física e Esportes de Barrow & McGee**. TRITSCHLER, K. (org.); GREGUOL, M. (trad.). Barueri: Manole, 2003.

VINET A, LE GALLAIS D, BOUGES S, BERNARD PL, POULAIN M, VARRAY A, MICALLEF JP. Prediction of VO₂peak in wheelchair-dependent athletes from the adapted Leger and Boucher test. **Spinal Cord.** v. 40, p. 507-512, 2002.

VANDERTHOMMEN M, FRANCAUX M, COLINET C, LEHANCE C, LHERMEROUT C, CRIELAARD JM, THEISEN D. A multistage field test of wheelchair users for evaluation of fitness and prediction of peak oxygen consumption. **J Rehabil Res Dev.** 39(6):685-92, 2002.

WELLS, C.L., e HOOKER, S.P. The Spinal Injured Athlete. **Adapt Phys Activ Q.** 7(3), 265-285, 1990.

YILLA, A. B.; SHERRIL, C. Validating the Beck battery of quad rugby skills tests. **Adapt Phys Activ Q.** 15(2), 155 - 167, 1998.

4.3. Artigo 03- Análise da variabilidade da frequência cardíaca e variabilidade da pressão arterial em pessoas com lesão da medula espinhal diferentes situações

4.3.1 Introdução

A manutenção da função cardíaca normal é obtida através da regulação neural da integração da atividade nervosa do sistema simpático e do sistema parassimpático. Além disso, o controle é dependente da atuação dos reflexos originados pelos barorreceptores e quimiorreceptores arteriais, além dos receptores cardiopulmonares e sua integração central (MANCIA et al., 1994).

Estudos experimentais e clínicos vêm demonstrando que disfunções no sistema nervoso autônomo (SNA) estão presentes em uma série de patologias, tais como, a hipertensão arterial sistêmica, a insuficiência cardíaca após infarto do miocárdio e o diabetes *mellitus* (DE ANGELIS, SANTOS e IRIGOYEN, 2004; IRIGOYEN et al., 2005; FLORES, 2006; FLORES et al., 2010). As alterações da atividade simpática são bem mais conhecidas e estudadas que as do parassimpático, constituindo as mais importantes evidências da disfunção autonômica cardiovascular (FRANCHINI e KRIEGER, 1995).

Pessoas com lesão da medula espinhal (PLME) podem sofrer tanto alterações no controle autonômico do sistema cardiovascular, como nas fibras do sistema nervoso simpático que se originam na medula espinhal e apresentam-se danificadas após a lesão da medula espinhal (LME), ocasionando redução da habilidade de vasoconstricção periférica, arritmias cardíacas e reduzida frequência cardíaca (FC) de repouso (DITOR et al., 2005); seja a LME ocasionada por trauma (mais comum), infecções, isquemia, compressão por hematoma, tumor ou ainda por doença congênita ou degenerativa (CAMPANA, 2010;).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido utilizada como uma ferramenta para avaliação do SNA em diversas amostras (sedentários, atletas, atletas após choque), situações patológicas, manobras corporais e tipos de exercícios físicos (GALL, PARKHOUSE e GOODMAN, 2004; FRANCICA, 2008; TASK FORCE HRV, 1996), podendo, em alguns casos, ser usada como um preditor de morte ou de neuropatias (TASK FORCE HRV, 1996).

A maioria dos resultados encontrados por meio da VFC em PLME sugerem redução do tônus simpático, o que ocasiona redução de FC, de VFC, hipotensão, tontura, redistribuição de água no corpo e alterações na regulação térmica (BUNTEN et al., 1998; DITOR et al., 2005; GRIMM et al., 1997; INOUE, et al., 1991; WANG et al., 2000). Nas PLME, esta reprodutibilidade de dados de VFC também encontra amparo importante em outros estudos (DITOR et al., 2005; TASK FORCE HRV, 1996).

Além da VFC ser um meio não invasivo e, de certa forma, prático e rápido para a coleta de dados, nos últimos anos, a VFC ganhou ainda mais espaço na avaliação do balanço autonômico, devido à possibilidade de utilização de equipamentos portáteis (frequencímetros), de baixo custo, com boa validade e reprodutibilidade de dados (GAMELIN, BERTHOIN e BOSQUET, 2006; NUNAN et al., 2009; WALLÉN, et al., 2011).

A maior ativação do SNA simpático decorrente do estresse leva a aumento dos valores de pressão arterial, redução da perfusão miocárdica, aumento do consumo miocárdico de oxigênio e da instabilidade elétrica cardíaca, precipitando arritmias cardíacas e infarto agudo miocárdio em indivíduos susceptíveis (NÓBREGA, CASTRO e SOUZA, 2007). O estresse é considerado um elemento natural da vida, e nossa capacidade de reagir do ponto de vista motor e autonômico caracterizam um importante mecanismo homeostático e de sobrevivência (NÓBREGA, CASTRO e SOUZA, 2007). Diferentes testes e situações controladas para descontrolar a homeostase dos ambientes foram idealizados. Dentre os testes de estresse mental, o *Stroop Color Word Test* (teste de conflito entre cores e palavras), no qual os avaliados são orientados a verbalizarem a cor com que as palavras estão escritas e não o conteúdo das palavras escritas, destaca-se pela praticidade de aplicação e nível moderado de realização; além disso, tem sido descrito como um teste de solução cognitiva ativa (VIEIRA e LIMA, 2007).

O exercício físico, em si, é um comportamento que provoca importantes modificações no funcionamento do sistema cardiovascular e em seus mecanismos de ajustes autonômicos (GALLO JR. et al., 1989; MITCHELL, 1990). Assim, o estudo da VFC durante o exercício físico agudo pode permitir uma análise adicional e não invasiva do controle neural da frequência cardíaca (FC) durante esse comportamento (ALONSO et. al., 1998). Estudos recentes têm demonstrado que o exercício físico progressivo em indivíduos sedentários (YAMAMOTO, HUGHSON e PETERSON, 1991; NAKAMURA, YAMAMOTO e MURAOKA, 1993; BREUER et al., 1993), treinados (RIMOLDI et al., 1992; SHIN et al., 1995a; SHIN et al., 1995b)

e cardiopatas (ARAI et al., 1989; BERNARDI et al., 1990) provoca uma diminuição no sistema nervoso parassimpático e um aumento no sistema nervoso simpático, que controlam a FC. Entretanto, em muitos desses estudos (NAKAMURA, YAMAMOTO e MURAOKA, 1993; SHIN et al., 1995a; SHIN et al., 1995b; YAMAMOTO, HUGHSON e PETERSON, 1991), empregou-se um protocolo de incremento contínuo de potência (protocolo de rampa), o que não permite uma estabilização da FC em cada estágio do exercício – condição necessária para uma avaliação adequada da VFC (ALONSO et al., 1998).

Mesmo com estudos interessantes envolvendo pessoas com lesão da medula espinhal, VFC e/ou exercício físico (DITOR et al., 2005a; DITOR et al., 2005b; PAOLILLO, PAOLILLO e CLIQUET JR, 2005; TAKAHASHI et al., 2007), a interação destes temas necessita de respostas mais numerosas, já que apenas o estudo de Takahashi et al. (2007) deslumbra estes 3 temas simultaneamente. Neste sentido, a lacuna na literatura é extensa, e carece de aprimoramento dos cuidados e propostas voltadas a esta população que, devido a sua especificidade, necessita compreensão das diferentes manifestações da VFC tanto em situações cotidianas de estresse quanto em possibilidades de exercício físico. Além disto, o exercício físico vem sendo comumente relacionado a situação de melhora de componentes fisiológicos cardiovasculares e autonômicos em pessoas sem lesão da medula espinhal e também em pessoas com lesão da medula espinhal. Diante disto, e com a hipótese do efeito benéfico do exercício físico regular em PLME, o objetivo do nosso estudo foi: investigar as respostas de VFC e variabilidade da pressão arterial (VPAS) em PLME – tetraplégicos - praticantes de RCR, em diferentes situações (repouso, teste de estresse mental, exercício físico e pós exercício físico).

4.3.2 Materiais e métodos

Características da amostra

Participaram deste estudo dez voluntários com lesão da medula espinhal do sexo masculino, tetraplégicos completos e incompletos (lesões medulares de C5 a T1) com idades entre 21 e 41 anos e tempo médio de lesão de 7,5 anos. Todos os sujeitos tinham no mínimo um ano na prática de exercício físico. A descrição dos sujeitos segue na Tabela 01.

Tabela 01– Características dos sujeitos avaliados.

Sujeitos	Idade (anos)	Altura da Lesão	Tempo de lesão
A	33,6	C6,C7	6,2
B	22,8	C7	6,3
C	24,6	C6-C7	3,5
D	33,6	C4-C5-C6	15,7
E	24,0	C6	5,6
F	29,4	T1#	7,2
G	36,2	C5	13,7
H	21,0	C6	5,4
I	41,1	C5,C6	7,6
J	30,2	C5,C6,C7	3,4
Média	29,6	-	7,5
DP	6,5	-	4,1
Mín.	21	-	3,4
Máx.	41,1	-	15,7

Legenda: LME – Lesão da Medula espinhal, Mín – mínimo; Máx – máximo.

Acometimento similar a lesão em vértebra cervical.

Variáveis de antropometria e composição corporal

Para a coleta de dados referente à massa corporal e estatura foram utilizados os procedimentos descritos por Gorla, Campana e Oliveira (2009), no qual os sujeitos são posicionados sentados e deitados respectivamente. Foi utilizada uma balança de marca Filizola® com precisão de 0,1kg, um estadiômetro horizontal com precisão de 0,1 cm e dois colchonetes para apoio dos sujeitos ao solo.

A avaliação da composição corporal das PLME foi realizada através do DXA utilizando o equipamento da marca Hologic®, modelo Explorer (Hologic Inc., Bedford, Massachusetts, USA). O aparelho consiste num equipamento com multi-detectores de estado sólido, com tecnologia de escaneamento *fan beam* que possibilita a aquisição dos dados por uma única varredura do paciente. Os voluntários foram posicionados na área de escaneamento do equipamento, de modo que a linha sagital demarcada nessa área ficasse no centro dos pontos

anatômicos determinados: crânio, coluna vertebral, pélvis e pernas. Os sujeitos foram deixados com o mínimo de roupa possível, e a avaliação teve a duração média inferior a 10 minutos por sujeito. O aparelho utilizado encontra-se no Serviço de Medicina Nuclear do Departamento de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Ciências Médicas (FCM) da UNICAMP, o qual já mantém parceria com a Faculdade de Educação Física (FEF). As variáveis obtidas para este estudo foram: percentual de gordura (%G), massa gorda (g) e massa livre de gordura (MLG).

Primeiro momento de avaliações autonômicas- variabilidade de FC e medidas de PAS por esfigmomanômetro;

O primeiro momento de avaliações autonômicas aconteceu no período de novembro a dezembro de 2010. O registro do intervalo R-R (ms) para posterior análise da variabilidade da frequência cardíaca ocorreu com as PLME sentadas em cadeira de rodas esportivas e por meio da utilização de um frequencímetro da marca Polar[®] (Finlândia- modelo - RS 800 CX) em sala climatizada (~24 graus Celsius) e silenciosa da FEF/UNICAMP.

Nesse monitor de FC, o cinto transmissor detecta o sinal eletrocardiográfico batimento-a-batimento e o transmite através de uma onda eletromagnética para o receptor de pulso (cardio-frequencímetro) no qual essa informação é digitalizada, exibida e arquivada. Esse sistema detecta a despolarização ventricular, correspondente a onda R do eletrocardiograma, com uma frequência de amostragem de 500 HZ e uma resolução temporal de 1 ms (RUHA et al., 1997) que, por sua vez já foram validados previamente contra eletrocardiografia padrão por Holter ou em sequência de avaliações (GAMELIN, BERTHOIN e BOSQUET, 2006; LOIMAALA et al., 1999; NUNAN et al., 2009; WALLÉN, et al., 2011). Os arquivos de registro foram transferidos para o software Polar[®] *Precision Performance* através da interface por infravermelho, que permite a troca bidirecional de dados de exercício com um notebook para posterior análise da variabilidade do R-R nas diferentes situações registradas (Figura 1).

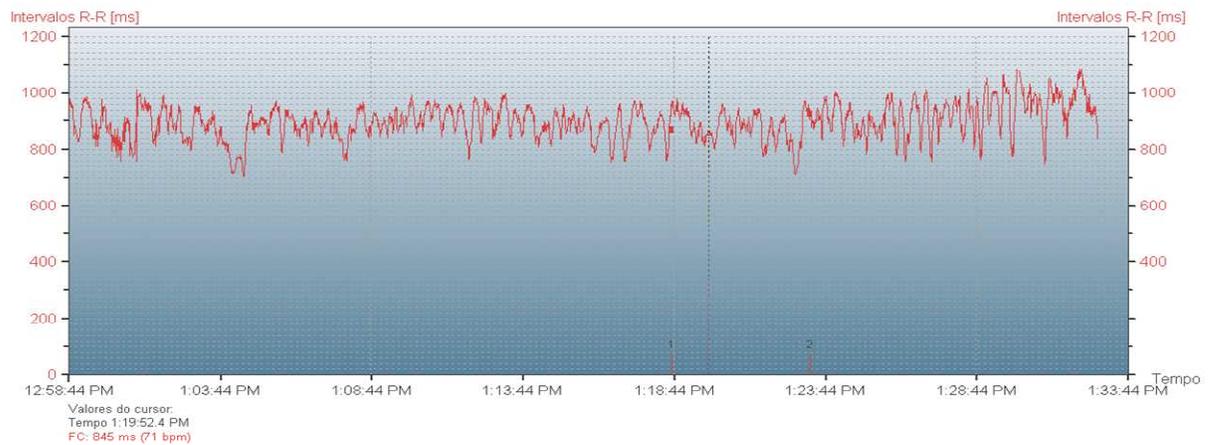


Figura 01 – Amostra de sinal do intervalo R-R no software da Polar[®].

Antes da realização do teste de estresse mental (TEM), *Stroop Test*, o intervalo R-R foi registrado durante 15 minutos nos indivíduos em repouso sentados. O *Stroop Test* é um teste no qual o indivíduo deve dizer em voz alta, e o mais rápido possível, as cores em que as palavras estão escritas independentemente de qual palavra esteja escrita (FALASHI et al, 2003; FRANCICA, 2008). O teste consiste em três fases, com grau progressivo de dificuldade e foi executado durante aproximadamente 3 minutos, nos quais a monitorização da FC foi contínua. Ao final do TEM a FC foi gravada por mais 10 minutos. A pressão arterial foi medida 3 vezes pelo método auscultatório no período basal, no 3º minuto do TEM e no 15º minuto da recuperação. A Figura 02 ilustra o protocolo e as medidas hemodinâmicas realizadas antes, durante e após o TEM.

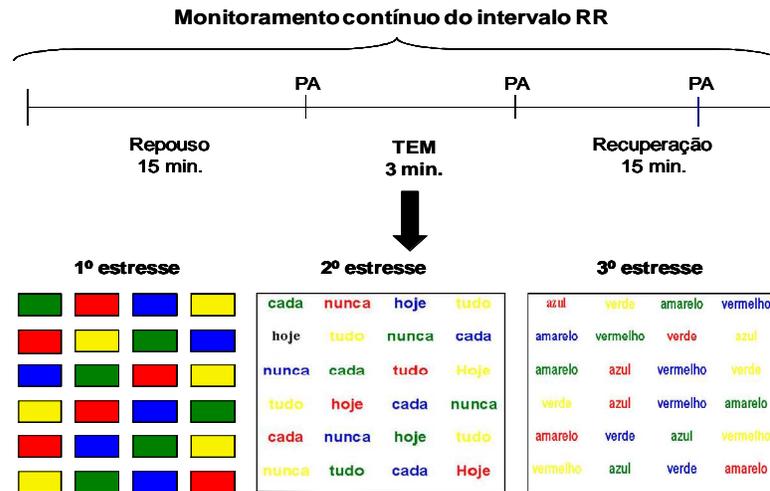


Figura 02- Esquema do protocolo realizado para avaliação do estresse mental (TEM). Adaptado de Francica (2008).

A coleta de informações do intervalo R-R para posterior análise da VFC durante o exercício físico ocorreu no ginásio da FEF/UNICAMP e consistiu em 5 minutos de registro em repouso, 12 minutos de registro no protocolo proposto de Franklin et al. (1990) e 5 minutos de registro em uma fase de recuperação. O teste de 12 minutos ocorreu em um retângulo delimitado (Figura 03) na quadra de piso rígido não escorregadio, com medidas de 25 x 15 metros. Neste retângulo, foram colocados cones em cada uma das extremidades e, também, a cada 2 metros de seus respectivos vértices, de maneira a se obter um perímetro de 75,32 metros. Este protocolo possibilitou que os indivíduos tetraplégicos conseguissem realizar a tarefa, pois a grande maioria dos protocolos com ergômetros de braços não são adaptáveis para tal população. Além disso, por possuir curvas com angulação de aproximadamente 90 graus, facilita a realização por parte de usuários tetraplégicos (grande comprometimento postural), o que não ocorre com os protocolos que apresentam curvas de 180 graus, os quais dificultam sua realização e, consequentemente, não representam a condição aeróbia dos avaliados nesta condição, mas sim o grau de comprometimento da lesão, a força/potência muscular localizada e a habilidade na cadeira de rodas esportiva. Além disso, este protocolo não necessita de sinal sonoro específico, o que não é validado no Brasil.

Para a realização do teste, as PLME deveriam percorrer a maior distância possível em torno do retângulo delimitado na quadra (Figura 03), sentados nas cadeiras de rodas esportivas, durante o período de 12 minutos.

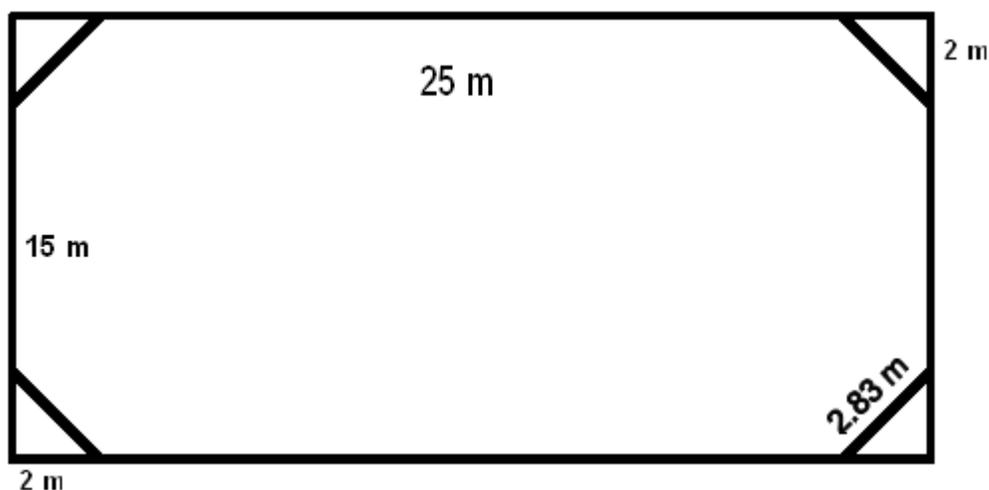


Figura 03- Circuito delimitado em quadra para realização do teste de potência aeróbia.

Neste estudo, os aparelhos utilizados para a medida da PA neste estudo foram previamente inspecionados pelo INMETRO e estavam devidamente calibrados. A pressão arterial foi avaliada por um mesmo avaliador durante todos os processos por meio do método auscultatório através do uso de esfigmomanômetro aneróide de manguito da marca Missouri® e estetoscópio em perfeita condição para a ausculta (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA- VI diretrizes Brasileiras de Hipertensão, 2010).

Segundo momento de avaliações autonômicas: registro de PAS batimento a batimento e registro da FC durante exercício físico;

Para complementação do estudo e melhor entendimento das respostas autonômicas da amostra estudada, foi realizada em novembro de 2011 um registro fotopletismográfico da pressão arterial medida batimento a batimento através do equipamento *Finometer*® (*Finapress*®). A medida foi realizada no dedo médio da mão não dominante do voluntário por meio deste equipamento automático. Previamente à utilização do equipamento, foi feita a calibração de acordo com os procedimentos descritos pelo fabricante. Este registro foi realizado na situação de repouso pré exercício sentados na cadeira de roda esportiva em uma sala

com temperatura e ambiente controlado e após exercício físico para obtenção de respostas autonômicas agudas pós exercício físico. O exercício físico consistiu em percorrer com a cadeira de rodas esportiva 12 minutos em um retângulo na quadra-protocolo de Franklin et al. (1990), sendo controlada a intensidade pelo tempo e a distância percorrida para ficar na faixa de 70 a 90% da potência aeróbia máxima estimada.

O traçado da onda de pressão arterial foi digitalizado e gravado em microcomputador, através do programa WINDAQ com frequência de amostragem de 500 Hz para posterior realização da análise espectral.



Figura 04- Registro da PAS batimento a batimento.

Após aquisição e armazenamento dos dados no computador, os intervalos R-R (Intervalo de Pulso- IP) provenientes do frequencímetro e do equipamento de registro de PAS contínuo foram verificados por inspeção visual, para identificar e/ou corrigir algum artefato através da interpolação. Em seguida foi gerada a série temporal de cada sinal a ser estudado, no caso, o intervalo R-R (tacograma). As variâncias das séries de R-R foram avaliadas no domínio

do tempo e no domínio da frequência (MALLIANI et al., 1991). Após remodelamento matemático, foram obtidas as potências absolutas nas respectivas bandas de frequências pré-determinadas: baixa frequência (BF, 0,04-0,15 Hz) e alta frequência (AF, 0,15-0,4 Hz). Os dados foram expressos em valores absolutos e em unidades normalizadas. O componente BF é usado como um índice da atividade simpática. O componente AF é usado como um índice da atividade parassimpática. A relação BF/AF indica o balanço simpato-vagal (ISHISE et al., 1998).

Avaliação do Controle Barorreflexo

Com o intuito de se obter informações sobre a relação entre as alterações da pressão arterial e da frequência cardíaca à sensibilidade do barorreflexo, realizamos a avaliação e análise através do cálculo de coeficiente alfa.

O coeficiente alfa foi calculado pela raiz quadrada do quociente entre os poderes espectrais das bandas de baixa frequência do intervalo cardíaco e da pressão arterial sistólica. Para tanto, foi necessário haver uma coerência maior que 0,5 entre os picos utilizados para o cálculo e a fase entre eles deverá ser negativa, indicando que a resposta da pressão arterial antecede a do intervalo R-R (LA ROVERE, PINNA, RACZAK, 2008; PARATI, SAUL, CASTIGLIONI, 2004).

Análise dos dados

Os dados foram analisados através de estatística descritiva (média, desvio padrão, mínimo e máximo). Em seguida, verificou-se a normalidade dos dados através dos coeficientes de assimetria e curtose conforme proposição de Hair Jr. et al. (2009). Segundo estes autores, os testes estatísticos de Shapiro Will e Kolmogorov e Smirnov são muito sensíveis para amostras menores que 30 sujeitos. Utilizou-se o teste T de *student* e ANOVA *one way* para a comparação dos dados.

Foram comparados os resultados do registro de FC no primeiro momento de avaliação nas situações: repouso x TEM x exercício físico; e no segundo momento de avaliação nos registros de FC e PAS nas situações: pré exercício físico x exercício físico x pós exercício físico. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos para análises de comparação.

4.3.3 Resultados

Resultados de antropometria e composição corporal

Os resultados das características antropométricas dos sujeitos avaliados são apresentados na Tabela 02 e as variáveis de composição corporal analisados via DXA na Tabela 03.

Tabela 02- Dados antropométricos das pessoas com lesão da medula espinal.

Sujeitos	Massa (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m²)
A	60,6	1,76	19,57
B	66,74	1,72	22,56
C	56,26	1,57	22,83
D	72,64	1,85	21,23
E	61,71	1,75	20,15
F	57,23	1,69	20,04
G	62,59	1,70	21,66
H	75,16	1,83	22,44
I	67,78	1,79	21,15
J	64,56	1,86	18,66
Média	64,5	1,75	21
DP	6,2	0,09	1,4
Mín.	56,2	1,57	18,66
Máx.	75,1	1,86	22,83

IMC – Índice de Massa Corporal. DP: desvio-padrão; Mín: mínimo; Máx: máximo.

Tabela 03- Dados da composição corporal (DXA) das pessoas com lesão da medula espinhal.

Sujeitos	%G	Massa gorda (kg)	Massa livre de gordura (kg)
A	20,7	12,6	48,05
B	23,7	15,8	50,92
C	12,8	7,2	49,08
D	25,7	18,6	54,1
E	16,3	10,1	51,64
F	15,6	8,9	48,32
G	30,4	19,1	43,55
H	25,3	18,9	56,17
I	18,6	12,57	55,2
J	21	13,5	50,98
Média	21	13,7	50,79
DP	5,4	4,29	3,77
Mín.	12,8	7,2	43,55
Máx.	30,4	19,1	56,17

%G- percentual de gordura. DP: desvio-padrão; Mín: mínimo; Máx: máximo.

Resultados de PAS (esfigmomanômetro) e FC (pontual) nas situações de repouso x TEM x recuperação do TEM

Os resultados de pressão arterial sistólica e diastólica através do esfigmomanômetro durante o repouso, final do teste de estresse mental e na recuperação do TEM não apresentaram diferenças estatísticas. Já a FC (pontual a cada situação) apresentou diferenças (resposta de taquicardia) nas fases do teste de estresse mental (TEM) quando comparado aos valores iniciais e a FC foi menor na recuperação quando comparada aos valores de FC no TEM. Nas tabelas a seguir estes resultados são apresentados.

Tabela 04- Valores de Pressão arterial em repouso, TEM e recuperação das pessoas com lesão da medula espinhal.

	PAS rep	PAS TEM	PAS rec
média	98,8	102	92,6
desvio padrão	14,9	10,3	8,6
	PAD rep	PAD TEM	PAD rec
média	66,4	67,2	62
desvio padrão	9,7	7,9	6

PAS Pressão arterial sistólica; PAD -Pressão arterial diastólica; rep- situação de repouso; TEM- Teste de estresse mental; rec- recuperação após TEM;

Tabela 05- Valores de frequência cardíaca em repouso, TEM e recuperação das pessoas com lesão da medula espinhal.

	FC rep	FC TEM 1	FC TEM 2	FC TEM 3	FC rec
média	66	74,8*	74*	74,6*	68,9#
desvio padrão	11,1	15,7	14,2	14,9	15,1

FC- frequência cardíaca em bpm (batimentos por minuto) no momento de verificação da situação correspondente; rep- situação de repouso; TEM1- Teste de estresse mental fase 1; TEM2- Teste de estresse mental fase 2; TEM3- Teste de estresse mental fase 3; rec- recuperação após TEM; *p<0,05 vs. FC rep; #p<0,05 vs TEM1;TEM2;TEM3.

Resultados do registro de FC no primeiro momento das avaliações

Durante o exercício físico os resultados do registro da e FC (contínuo) foram maiores que na situação de repouso e TEM e os valores de intervalo de pulso (IP) menores consequentemente. A Tabela 06 apresenta estes resultados.

Tabela 06- Valores de frequência cardíaca e de intervalos de pulso em repouso, TEM e durante exercício físico das pessoas com lesão da medula espinal.

	FC rep	FC TEM	FC Exercício	IP rep	IP TEM	IP exercício
média	70	72,7	120*#	856,1	850,7	518,2*#
desvio padrão	12,9	14,7	24	134,9	143,9	106,7

FC- frequência cardíaca em bpm (batimentos por minuto); rep- situação de repouso; TEM- Teste de estresse mental; IP- intervalo de pulso em ms (milisegundos); *p<0,05 vs. situação de repouso; #p<0,05 vs situação de TEM;

Resultados da variabilidade de FC no domínio do tempo (primeiro momento de avaliação)

Os dados da VFC no domínio do tempo RMSSD e pNN50, apresentaram redução significativa durante o registro em exercício físico quando comparados as outras duas situações: repouso e durante o TEM. Na tabela a seguir são apresentados os valores destas variáveis.

Tabela 07- Valores das variáveis no domínio do tempo da VFC nas diferentes situações.

Situações avaliadas	RMSSD (ms)	pNN50 (%)
Repouso	27,3±20,8	4,8±8
TEM	29,5±23	5,7±7,7
Exercício físico	7,7±3,3*#	0,1±0,2*#

Valores expressos em média ± desvio-padrão; * p<0,05 vs repouso; # p<0,05 vs TEM.

Resultados da variabilidade de FC no domínio da frequência (primeiro momento de avaliação)

Os dados da VFC no domínio da frequência, neste estudo, representados pelas variáveis BF, AF e razão BF/AF são apresentados nas figuras a seguir. Os componentes de BF e AF apresentaram diferenças no exercício quando comparados aos valores encontrados no repouso e TEM. De forma semelhante, razão BF/AF apresentou-se reduzida significativamente na situação de exercício quando comparado com as situações de repouso e TEM. Estes dados são apresentados nas figuras a seguir.

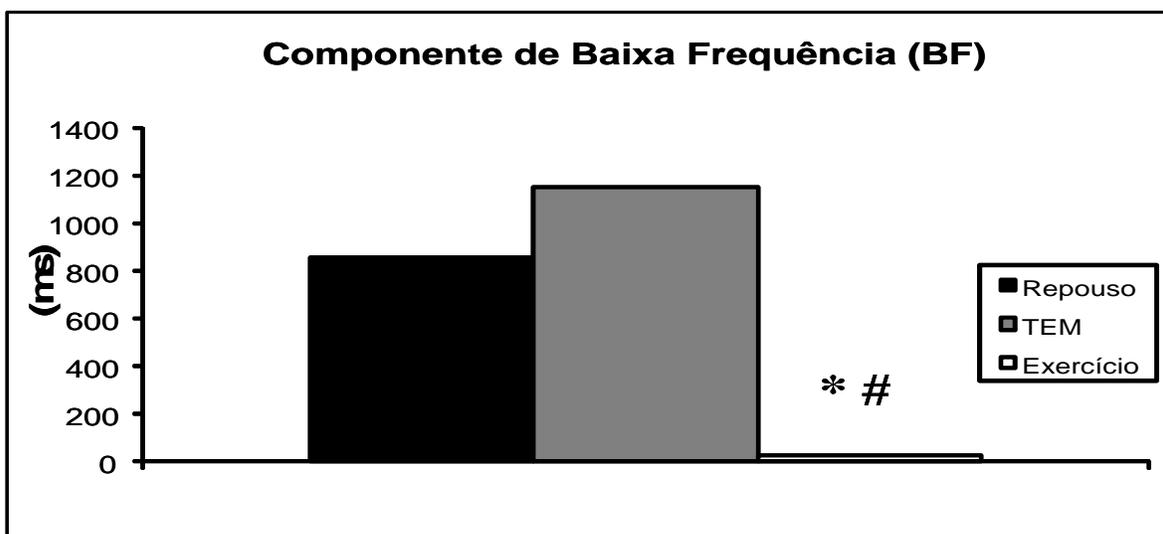


Figura 05- Média dos valores do componente de baixa frequência nas situações de repouso, teste de estresse mental (TEM) e exercício físico. * $p < 0,05$ vs repouso. # $p < 0,05$ vs TEM;

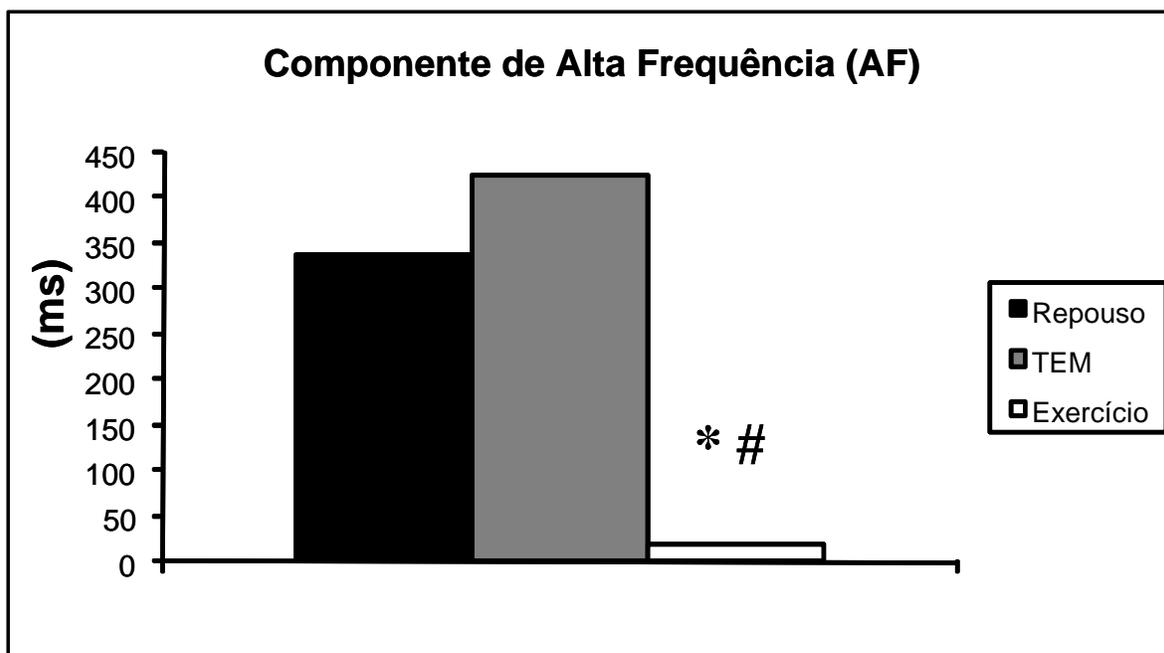


Figura 06- Média dos valores do componente de alta frequência nas situações de repouso, teste de estresse mental (TEM) e exercício físico. * $p < 0,05$ vs repouso. # $p < 0,05$ vs TEM;

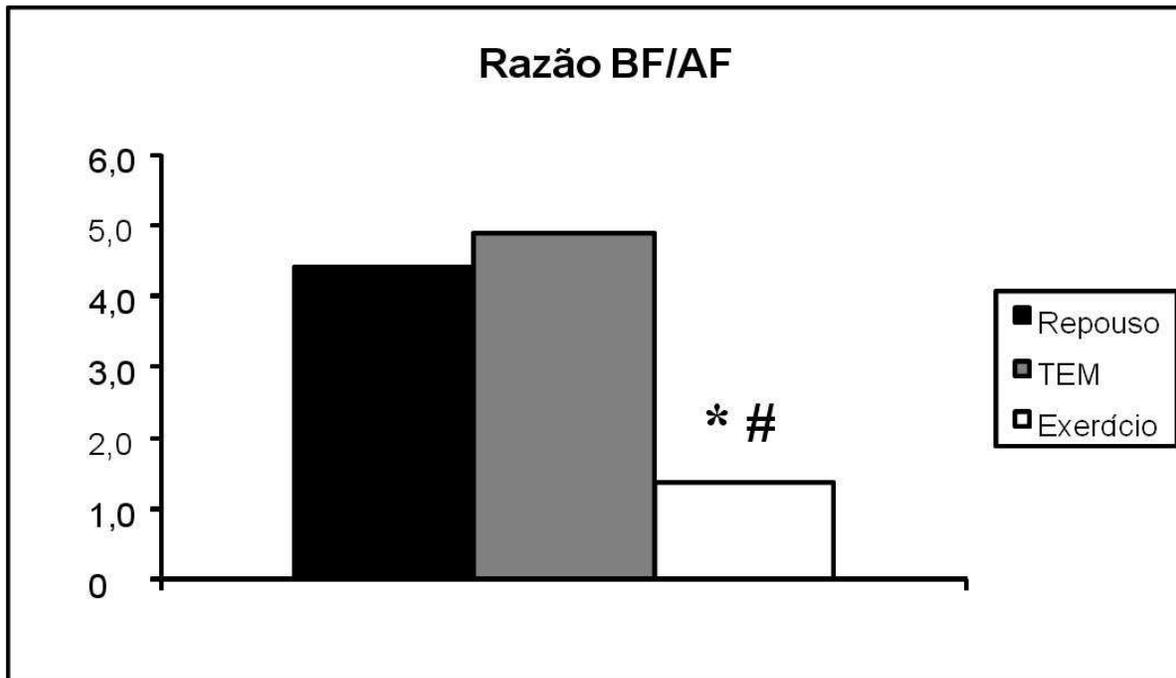


Figura 07- Média dos valores da razão baixa frequência e alta frequência nas situações de repouso, teste de estresse mental (TEM) e exercício físico. * $p < 0,05$ vs repouso. # $p < 0,05$ vs TEM;

Avaliações autonômicas no segundo momento- Resultados de PAS (batimento a batimento) e a variabilidade de PAS nas situações de repouso pré exercício físico e pós exercício físico;

Na tabela a seguir são apresentados os valores do registro da PAS em repouso sentado, pré exercício físico e após uma sessão de exercício físico. Ocorreram reduções significativas pós exercício físico das variáveis analisadas em nosso estudo.

Tabela 08- Valores do registro de PAS pré e pós exercício físico.

	Pré exercício	Pós exercício
PASist (mmHg)	112±15	100±16*
Variância PASist (mmHg ²)	50±42	19±10*
BF (mmHg ²)	7±2	3±2*

Valores expressos em média ± desvio-padrão; * p<0,05 vs pré exercício físico.

Através do registro da PAS batimento a batimento foi possível alguns cálculos de variável relacionada ao controle barorreflexo da circulação. Não foi encontrada diferença estatística da variável alfa de BF (ms/mmHg) quando comparados os valores pré exercício e pós exercício físico. Vale ressaltar que o índice alfa de BF apresentou tendência a redução pós exercício físico p=0,07;

Resultados do segundo momento de avaliação da variabilidade da FC em repouso pré exercício x exercício físico x pós exercício físico;

Neste segundo momento de avaliação, os registros tinham o objetivo de verificar os resultados da PAS após o exercício físico para uma análise do efeito agudo do exercício físico. Diante da possibilidade de registro através do equipamento *Finometer*[®], realizou-se o registro e análise da VFC.

Em relação aos valores dos intervalos de pulso e FC, ocorreram diferenças significativas entre as situações estudadas. A FC foi maior durante o exercício físico, quando comparado aos valores pré e pós exercício físico (65 ± 16 vs 119 ± 20 vs 78 ± 17 bpm). Já o intervalo de pulso (IP) estava consequentemente reduzido na situação de exercício físico quando comparado as outras 2 situações (953,7 ± 170,6 vs 517,3 ± 85 vs 802 ± 161 ms).

O índice do domínio do tempo da VFC, avaliado neste segundo momento, foi o RMSSD. Este apresentou redução significativa durante o exercício físico e após o exercício físico quando comparado com os valores de repouso e pré exercício físico (60,3 ± 40 vs 7,7 ± 3,8 vs 40 ± 34,2 ms).

Já na tabela a seguir são apresentados os resultados da VFC no domínio da frequência, através dos resultados dos componentes de BF, AF e razão BF/AF.

Tabela 09- Valores das variáveis no domínio da frequência da VFC nas diferentes situações estudadas.

Situações avaliadas	BF (ms)	AF (ms)	BF/AF(ms ²)
Repouso pré-exercício	1533±1465	1671±2258	2±1,3
Exercício físico	27,6±62,5*	8±7*	2,6±2,8
Pós exercício	847,4±1333,3	882±1501	1,6±1,

Valores expressos em média ± desvio-padrão; * p<0,05 vs repouso;

4.3.4 Discussão

Pessoas com lesão da medula espinhal (PLME) são sujeitos muito atrativos para detecção de modificações dos marcadores biológicos devido às grandes alterações provocadas após LME.

Neste estudo, investigamos as respostas de VFC e variabilidade da pressão arterial (VPAS) em PLME – tetraplégicos - praticantes de RCR, em diferentes situações (repouso, teste de estresse mental, exercício físico e pós exercício físico). A VFC e a VPAS são ferramentas de avaliação da modulação autonômica, não invasivas e permitem avaliações em diferentes possibilidades de situações. Neste sentido, buscamos identificar características e parâmetros que possam contribuir na rotina diária de PLME.

Todavia, os estudos sobre as respostas cardiovasculares e autonômicas em tetraplégicos comparando situações de repouso, estresse mental e exercício físico, seja aeróbio ou resistido, são raros.

A faixa etária da amostra avaliada em nosso estudo foi menor (média de 29,6 ± 6,5 anos), quando comparada com alguns importantes estudos com PLME tetraplégicos em que há características semelhantes de análise de variáveis autonômicas cardiovasculares (BERNJAK et al., 2011; BUNTEN et al., 1998; CLAYDON e KRASSIOUKOV, 2008; DITOR et al., 2005; LA FOUNTAINE et al., 2010; TAKAHASHI et al., 2007) Nestes estudos, a média de idade sempre foi acima dos 35 anos. A média de anos após LME (7,5 ± 4,1 anos), na nossa amostra,

deixa transparecer o grande envolvimento de jovens brasileiros, com uma faixa etária relativamente baixa e em plena fase produtiva da vida, em situações de risco de LME – acidentes automobilísticos, mergulhos em águas rasas e situações envolvendo armas de fogo (OLIVEIRA, PIRES e BORGES FILHO, 1996). A estas causas, recentemente, somam-se as quedas em geral como um grande causador de LME – sejam quedas de lajes, escadas ou em esportes (GONÇALVES et al., 2007). Outro detalhe que cabe ressaltar é que sujeitos mais jovens com LME acabam tendo uma maior pré-disposição e facilidade de envolvimento em atividades esportivas – caso do nosso estudo e, igualmente, do trabalho de Otsuka e colaboradores (2008), que avaliaram tetraplégicos participantes de basquete em cadeira de rodas (2x por semana x 2 horas) com média de idade semelhante à nossa ($28,6 \pm 5,7$ anos).

Com relação às características antropométricas, vale destacar a composição corporal das PLME. Classicamente, acontecem alterações crônicas importantes em relação à redução da massa óssea, redução da massa magra livre de gordura e redução da quantidade de água total no corpo destas pessoas, além do aumento do percentual de gordura (CARDÚS e McTAGGART, 1984; SPUNGEN et al., 1993; SEDLOCK e LAVENTURE, 1990). No trabalho de Clasey e Gater, (2005) a média do percentual de gordura na amostra de PLME foi de 27,7 %, estes foram avaliados por outro modelo considerado *gold standart*, para análise de composição corporal (câmara plestimográfica). Já no estudo de Dionyssiotis et al. (2008), foram encontrados valores acima de 50% de percentual de gordura em PLME (paraplégicos com lesão alta –T1 a T3) através da avaliação do DXA. Ainda neste estudo, ficou evidenciada a correlação positiva do percentual de gordura com o tempo após a LME e a altura da lesão. E, assim como no nosso estudo, os valores de IMC podem ser considerados normais (21 kg/m^2 e $23,9 \text{ kg/m}^2$) diante de referências internacionalmente conhecidas para grupos populacionais que indicam valores normais até $24,9 \text{ kg/m}^2$ (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE-OMS, 2000).

Em indivíduos tetraplégicos, Jones, Legge e Goulding (2003) encontraram valores mais elevados de IMC e percentual de gordura via DXA, quando comparados aos nossos resultados ($26,7 \text{ kg/m}^2$ e 35% de gordura, respectivamente). De forma muito semelhante, Spungen et al. (2003) apresentaram resultados de tetraplégicos com IMC de $25,8 \text{ kg/m}^2$ e 34% de gordura corporal. Diante destes resultados encontrados na literatura, podemos inferir que os participantes do nosso estudo podem estar com menores valores de percentual de gordura que participantes de outros estudos por estarem envolvidos em programas de exercícios físicos de

forma regular, o que é classicamente comprovado na literatura em pessoas sem LME (American College Sports Medicine-ACSM, 2011) e indivíduos com LME (JACOBS e NASH, 2004).

Gater (2007) apresenta, em seu amplo artigo de revisão, a relação positiva do acúmulo/aumento do percentual de gordura e problemas vasculares, dislipidemia, resistência à insulina, intolerância à glicose, hipertensão, embolia pulmonar e trombo-embolia, sendo que isto também se apresenta em pessoas sem LME, tornando importante a pesquisa e incentivo de PLME a participarem de intervenções dietéticas e à prática regular de exercícios físicos.

Avaliações cardiovasculares nas situações de repouso, estresse mental e exercício físico

Realizamos as avaliações de PAS por esfigmomanometria nas situações de repouso, no teste de estresse mental e após o TEM, para verificarmos a situação da reatividade cardiovascular, na qual considera-se que indivíduos que apresentam respostas pressóricas ou cronotrópicas mais elevadas diante de estímulos estressantes da vida diária teriam riscos mais elevados de desenvolver DCV, particularmente a doença hipertensiva e a doença coronariana (FALKNER, ONESTI e ANGELAKOS, 1979). Dentro desta perspectiva, a população de PLME apresenta maior predisposição de DCV, devido ao quadro estabelecido pelo trauma (MYERS, LEE e KIRATLI, 2007). Esta resposta de reatividade cardiovascular verificada implica possibilidade de maior variabilidade e níveis mais elevados da PA nas situações de estresse, portanto, maior tendência a desencadear as alterações estruturais e funcionais no coração e nos órgãos-alvo (VIEIRA e LIMA, 2007).

Em nosso estudo, não foram encontradas diferenças estatísticas de PAS durante o TEM. Apesar de haverem ocorrido elevações de PASist, estas não foram significativas. Estes resultados podem ser explicados pelo relativo pequeno tempo de execução do TEM e pelo fato de esta população tender a apresentar perda do controle simpático do coração, medula adrenal e resposta vasomotora, bem como perda da resposta termorregulatória (HOPMAM et al., 1998; BHAMBHANI, 2002), fatores que podem acarretar respostas mais lentas de aspectos cardiovasculares. Logicamente que a medida através do esfigmomanômetro limita a um momento único de avaliação e não possibilita um registro ao longo de um determinado tempo, no qual poderia se encontrar o valor máximo de uma alteração durante a realização do TEM ou identificar o momento de maior alteração da onda de PAS. Mesmo assim, o uso do esfigmomanômetro tem

sido recomendado como forma de avaliar a PAS (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA- VI DIRETRIZES BRASILEIRAS DE HIPERTENSÃO, 2010).

No estudo de Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr. (2005), sujeitos tetraplégicos e paraplégicos foram avaliados em diversos parâmetros cardiorrespiratórios e vasculares, inclusive medidas de PAS através do esfigmomanômetro. O resultado médio da PASist na condição de repouso dos tetraplégicos avaliados pelos autores anteriormente citados foi de $104 \pm 4,4$ mmHg, e a PADiast teve média de $68 \pm 3,3$ mmHg. Com valores muito semelhantes, Otsuka et al. (2008) avaliaram 20 tetraplégicos (10 treinados e 10 não treinados), tanto na posição supinada quanto sentada, sendo que não foram encontradas diferenças entre os resultados destas 2 posições. As medidas foram realizadas pelo método de tonometria da artéria radial, e os valores médio de PAS foram: 104 ± 21 / 58 ± 17 mmHg no grupo treinado sentado e 107 ± 33 / 66 ± 31 no grupo não treinado. Neste estudo, optamos por fazer todas as avaliações com os sujeitos sentados nas próprias cadeiras de rodas, com o intuito de representar a posição mais usual no dia-a-dia deles. Os nossos dados de PASist, visualmente, tenderam a ser menores ($98,8 \pm 15$ mmHg) que os anteriormente citados na literatura, entretanto, muito semelhantes na PADiast ($66,4 \pm 9,7$ mmHg).

No recente e único estudo reportado no site de buscas *pubmed* que avaliou tetraplégicos através do *stroop test*, Wecht et al. (2011) encontraram valores de pressão arterial média menores nos sujeitos tetraplégicos quando comparados aos resultados de paraplégicos e em pessoas sem LME. Indicando o clássico quadro de hipotensão em sujeitos tetraplégicos, resposta esta desencadeada principalmente pela interrupção da atividade simpática cardíaca (INOUE et al., 1995).

Em nosso estudo, o valor de FC durante o TEM foi superior aos valores de repouso, como também foi superior aos valores após o TEM. Esta é uma resposta esperada e mais fácil de verificar, pois o instrumento de avaliação (frequencímetro-RS800CX-Polar[®]) possibilita a visualização contínua da medida desta informação. Esta elevação é relatada, de forma mais acentuada, por Francica (2008) em comparação entre testes realizados com indivíduos sem LME, mas com histórico familiar de hipertensão desencadeada por um desequilíbrio no balanço autonômico, com aumento da atividade simpática e redução da atividade vagal, e testes realizados com indivíduos sem histórico familiar de hipertensão. No caso das PLME, é bem descrito na literatura a redução da atividade simpática, sendo assim, estas alterações podem ser facilmente correlacionadas à redução da atividade parassimpática.

O valor de FC (valor pontual em repouso) encontrado em nosso estudo – realizada na posição sentada – foi um pouco superior aos valores apresentados por Otsuka et al. (2008) no grupo de tetraplégico treinado e iguais aos valores do grupo tetraplégico não treinado ($66\pm 11,1$ bpm vs $61,1\pm 10,2$ vs $66,7\pm 11,4$ bpm respectivamente). No estudo de Otsuka et al. (2008), foi apresentada a tendência de maior FC na posição sentada, quando comparada a posição supinada em sujeitos tetraplégicos, sendo eles treinados ou não treinados. Ainda, ocorreu a tendência de menor FC no grupo tetraplégico treinado, em ambas as posições, quando comparado ao grupo tetraplégico não treinado.

Resultados dos registros de frequência cardíaca no primeiro momento de avaliações

A VFC tem permitido compreender algumas situações em que doenças e alterações graves afetam o controle autonômico cardíaco como, por exemplo, o caso de PLME. Alguns autores têm demonstrado que a diminuição da VFC está relacionada ao maior índice de morbidade e mortalidade cardiovascular, o que implica a presença de disfunção fisiológica do indivíduo (KAWAGUCHI et al., (2007).

Em indivíduos não lesados, a capacidade de alterar a frequência cardíaca em função de diferentes situações parece representar um importante papel fisiológico na vida diária, mesmo em situações simples de mudanças posturais, mas, principalmente, em situações mais complexas para o sistema cardiovascular, como o exercício físico. Isto parece ser ainda mais interessante e menos investigado em PLME, pois várias situações são complexas para a sua realização e a população não é numerosa, além de, normalmente, possuir certa dificuldade de acesso e mobilidade para monitoração e avaliação de medidas de variáveis de controle autonômico.

Além disso, eventos cardiovasculares ou mesmo a evolução natural da idade parecem corroborar para a perda ou redução da capacidade de variar a frequência cardíaca (PASCHOAL et al., 2006). O estudo de Wolf et al. (1978) foi pioneiro, em demonstrar a associação entre aumento do risco de mortalidade pós-infarto e a redução da VFC. Nessa pesquisa, os autores constataram que 73 de 176 pacientes, acompanhados após infarto agudo do miocárdio, apresentavam arritmia sinusal e, conseqüentemente, maior variabilidade do intervalo IP. Esses pacientes tiveram menor taxa de mortalidade.

A limitada literatura existente sobre a VFC e a análise em diferentes situações de PLME tornam ainda mais interessante a busca por novas informações. Além disto, a disfunção autonômica e ausência de manifestações de patologia cardíaca estrutural nos indivíduos com tetraplegia, possibilita um desafio único e a oportunidade de explorar os meandros da modulação autonômica cardíaca *in vivo* (LA FOUNTAINE et al., 2010). Dependendo do nível e da gravidade da LME, atenua-se o controle supra-espinhal de modulação autonômica simpática cardíaca (CLAYDON e KRASSIOUKOV 2008; COLLINS, RODENBAUGH e DiCARLO, 2006; GRIMM et al., 1997; INOUE et al., 1995; WANG et al., 2000). Embora as PLME não tenham afetadas diretamente a atividade parassimpática cardíaca, evidências sugerem a presença de baixa regulação ou função paradoxal das vias eferentes (WECHT et al., 2006).

Quando realizamos as comparações nas situações de repouso, TEM e exercício físico, no primeiro momento de avaliação, a FC apresentada foi calculada através da média do período mais estável do registro de FC pelo frequencímetro RS800CX da Polar®. O valor de FC no exercício foi estatisticamente superior aos valores de repouso e durante o TEM. Consequentemente, o valor do IP foi menor no exercício quando comparado com os valores na situação de repouso e TEM.

Takahashi et al. (2007) e Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr (2005) também encontraram valores superiores nas situações de exercício físico quando comparado aos de repouso, mas estes valores foram abaixo dos 90 bpm, enquanto, em nosso estudo, a média de FC do grupo foi de 120 bpm. Isto é justificável pela intensidade preconizada em cada um dos estudos. Em nosso estudo, realizamos o registro e entendimento das respostas em exercício físico em um teste máximo contínuo de característica aeróbias. Takahashi et al. (2007), por sua vez, avaliaram em exercício estático, a 35% da capacidade voluntária máxima. E Paolillo, Paolillo e Cliquet Jr (2005) avaliaram na situação de EENM. Neste sentido, vale ressaltar também que limitações periféricas podem confundir respostas agudas, além da disponibilidade limitada da massa muscular e a redução da atividade da bomba muscular serem grandes inibidores da capacidade máxima de exercício (BIRK et al., 2001). Neste estudo, os autores indicam que os participantes de RCR podem se exercitar em uma intensidade (70% da FC de reserva) que provoque melhorias na aptidão cardiorrespiratória, dada prescrição adequada das condições de treinamento, sem manipulação médica ou terapêutica.

Os resultados de FC máxima, em nosso estudo, foram semelhantes aos citados por Barfield et al. (2010), cuja amostra era composta por atletas praticantes de RCR também. Barfield et al. (2010) investigaram a capacidade cardiorrespiratória de praticantes de RCR para determinar e manter a intensidade de treinamento durante o RCR. Eles avaliaram 9 jogadores de RCR americanos, através de analisador de gases em ergômetro de braço e com frequencímetro, para determinar os valores de FC e FC de reserva como parâmetro de intensidade dos treinamentos do RCR. A FC máxima chegou ao valor médio de 118+ 17 batimentos no grupo estudado.

Normalmente, indivíduos tetraplégicos apresentam bradicardia de repouso e pouca resposta cronotrópica de FC ao aumento do exercício físico (JACOBS e NASH, 2004). Isto acontece, devido principalmente a lesão completa, e em menor grau na lesão medular incompleta, pois esta última, não interrompe completamente a atividade simpática cardíaca. Na nossa amostra, tivemos participantes com lesão medular completa e também participantes com lesão medular incompleta e seus valores de FC final foram semelhantes ao de indivíduos não lesados, supondo que, provavelmente, a lesão medular não prejudicou esta importante função, o que propicia melhores resultados relacionados à função cardíaca em exercício e às variáveis de capacidade aeróbias. Não por acaso, o indivíduo com maior valor de potência aeróbia estimada foi um participante com lesão medular incompleta.

Respostas da VFC no domínio do tempo

Em nosso estudo, a análise da VFC no domínio do tempo, ficou evidenciado a redução da atividade parassimpática durante uma sessão de exercício físico (12 minutos) contínuo de alta intensidade. Ambos marcadores (RMSSD e pNN50) apresentaram redução significativa durante o exercício físico quando comparados às situações de repouso e de TEM nas PLME. Estes resultados corroboram com os achados da literatura tanto em PLME quando em sujeitos sem lesão da medula espinhal (VANDERLEI et al., 2009; LEITE, 2010; TAKAHASHI et al., 2007);

Adicionalmente, Merati et al. (2006) compararam estes mesmos parâmetros da VFC no domínio do tempo, nas seguintes situações: supinado, sentado e sentado em exercício físico leve. Os valores de RMSSD reduziram durante o exercício quando comparados com os

valores sentados e deitados ($48,1 \pm 4,4$ ms vs. $34,6 \pm 2,7$ ms vs. $26,4 \pm 1,9$ ms) nas pessoas sem LME. Da mesma forma os valores de pNN50 foram significativamente menores durante a sessão de exercício físico quando comparado com as outras situações nestas mesmas pessoas sem LME. Já nas PLME, estes autores não encontraram diferenças significativas. Isto pode ter ocorrido, pela baixa intensidade proporcionada pelo protocolo escolhido por Merati e colaboradores (2006), já que optaram por uma sessão de exercício físico bem leve (carga de 5 Watts) e consequente, pouca necessidade de atuação do controle autonômico cardíaco.

Classicamente, a literatura sugere que a prática regular de exercício físico afeta positivamente a atividade parassimpática sobre o coração e consequentemente promove efeito benéfico no controle autonômico em pessoas sem lesão da medula espinhal (CHACON-MIKAHIL et al., 1998; LEITE, 2010; ACSM, 2011).

Cabe ainda ressaltar, que no final da década de 90, Bunten et al. (1998) não encontraram diferenças na análise do domínio do tempo da VFC em um registro de 24 horas em 3 diferentes grupos: controles sem LME, paraplégicos e tetraplégicos. Eles já destacavam que as variáveis relacionadas ao domínio do tempo, estão mais relacionados a cadeia parassimpática do sistema nervoso autônomo e PLME apresentam redução da atividade simpática como característica mais marcante no estado crônico após a LME.

Respostas da VFC no domínio da frequência

Em relação à avaliação no domínio da frequência, os resultados em nosso estudo dos componentes de BF e AF foram menores durante o exercício físico, quando comparados com as situações de repouso e TEM. Assim como a razão BF/AF também se apresentou reduzida neste primeiro momento de avaliações da VFC.

No estudo de Takahashi et al. (2007), este, o único estudo encontrado no *pubmed*, que avaliou o controle da VFC em PLME -tetraplégicos em repouso, exercício físico e pós exercício. Foram avaliados PLME - tetraplégicos (n 6) e homens sem LME (n 9) em diferentes situações: pré exercício físico, exercício físico estático e pós exercício físico. Não foram encontradas diferenças entre as PLME e as pessoas sem LME nas situações estudadas nas variáveis da VFC. Entretanto, a PAS média alterou significativamente entre os grupos nas 3 situações, e a resistência periférica total também apresentou diferenças entre os grupos na

situação do exercício físico estático. Além disto, ficou evidenciada a diferença nas respostas de aceleração e desaceleração da FC no exercício físico estático entre os grupos, indicado pela descentralização simpática.

Ao observar especificamente os resultados dos tetraplégicos do estudo de Takahashi et al. (2007), comparando-os às respostas encontradas em nosso estudo, ocorreram semelhanças nas respostas dos componentes da VFC nas diferentes situações envolvendo o exercício físico.

O componente de BF que classicamente representa as respostas da atividade simpática do controle autônomo (TASK FORCE HRV, 1996; VANDERLEI et al., 2009), obteve respostas semelhantes em ambos os estudos, ou seja, obteve-se, durante o exercício físico, redução do BF. Em contrapartida, em sujeitos sem LME ocorrem, normalmente, aumentos significativos do BF durante a prática de exercícios físicos. Esta alteração nas PLME parece estar relacionada aos efeitos da LME, na qual interrompem-se os ramos dos nervos simpáticos abaixo do local da LME (JACOBS e NASH, 2004).

Para suprir a demanda metabólica produzida pelo exercício físico, são necessárias várias adaptações fisiológicas, dentre elas, as relacionadas à função cardiovascular durante o exercício físico. Ao iniciar um exercício físico, um dos efeitos mais precoces sobre o sistema cardiovascular é o aumento da FC (POWERS e HOWLEY, 2006). Esse aumento ocorre de forma linear e proporcional ao aumento da intensidade do exercício. Já em um exercício progressivo, como o que ocorreu durante o nosso trabalho, a FC aumenta de forma linear e proporcional ao aumento da potência executada, até a interrupção do esforço por exaustão do indivíduo ou pelo tempo (POWERS e HOWLEY, 2006).

Basicamente, em sujeitos sem LME, o aumento na frequência cardíaca durante o exercício dinâmico já é bem conhecida e ocorre por dois mecanismos principais: 1) diminuição no tônus vagal sobre o coração, o que por si só já provoca aumento da FC; e 2) ativação do componente simpático sobre o coração (componente de BF tende a aumentar durante o exercício físico). Assim, essa intensificação simpática ocorre de forma progressiva e proporcional à potência executada (FURLAN et al., 1993; RONDON et al., 2005; TAKAHASHI et al., 2007; FRANCICA, 2008). Mas em sujeitos tetraplégicos, durante o exercício físico, acontece uma redução do BF (TAKAHASHI et al., 2007) confirmado também pelo nosso estudo. Esta diferença vem sendo relatada devido aos efeitos da descentralização simpática cardíaca.

Outros estudos anteriores, investigaram o componente de BF em tetraplégicos e ficou demonstrado que o componente de BF nesta população pode ser mediado pelo circuito espinhal simpático (INOUE et al., 1991; GUZZETI et al., 1994; INOUE et al., 1995). No entanto, o estudo de Takahashi et al. (2007), assim como o presente estudo, encontraram reduções dos componentes de BF e AF da VFC na fase de exercício físico. Diante disto, Takahashi et al. (2007) consideram a ideia de que o componente de BF reflete apenas o tráfego do nervo simpático do coração e sugerem importantes implicações para novas verificações experimentais e clínicas da atividade nervosa simpática cardíaca em situações de LME.

Importantes investigações anteriores, diante destas respostas fisiológicas, remetem ao bloqueio da resposta cronotrópica durante o exercício físico em PLME – principalmente nos sujeitos tetraplégicos, é muito bem documentada (IRIZAWA et al., 1994; JACOBS e NASH, 2004). Normalmente, o valor médio do pico de FC em condição de exercício físico gira em torno dos 120 bpm, exatamente a média encontrada no grupo em que realizamos este nosso estudo neste primeiro momento de avaliações.

Esta significativa elevação cronotrópica, durante o exercício físico em PLME – tetraplégicos, vem sendo reportada, como resposta das catecolaminas ao exercício físico e ainda retirada da atividade vagal e não aumento da atividade simpática (ROBINSON, et al., 1966; ROWELL e O`LEARY, 1990). Ainda podemos inferir, o papel do fluxo simpático cardíaco na regulação da FC durante o exercício físico, pode ser indiretamente estimada a partir do efeito β -adrenérgico sobre o potencial de taquicardia induzida pelo exercício físico (BLOOMFIELD, JACKSON e MYSIW, 1994; SCHMID et al., 1998).

Já o componente de AF, representa normalmente as respostas da atividade parassimpática (TASK FORCE HRV, 1996; VANDERLEI et al., 2009) e tanto no nosso estudo quanto no artigo de Takahashi et al., (2007) as repostas de AF foram reduzidas durante o exercício físico, apesar que vale ressaltar, que os exercícios físicos são de características diferentes (exercício aeróbio contínuo x exercício estático a 35% da capacidade voluntária máxima). Adaptações crônicas promovidas pela LME são citadas como possíveis influenciadoras das respostas dos componentes da VFC e já foram comprovadas anteriormente (KOH et al., 1994).

Comumente o componente de AF apresenta-se reduzido durante o exercício físico, seja em pessoas sem LME ou PLME (TASK FORCE HRV, 1996; TAKAHASHI, 2007).

Efeitos crônicos da prática de programas de exercício físico, apresentam aumento do componente de AF, como uma resposta clássica do aumento do tônus parassimpático cardíaco. Este aumento do componente de AF, é relatado como uma resposta benéfica e protetora ao sistema cardiovascular (TASK FORCE HRV, 1996).

O resultado da razão BF/AF durante o exercício físico, foi reduzida quando comparada aos valores encontrados nas situações de repouso e TEM. No estudo de Takahashi et al. (2007) esta variável não foi apresentada, o que dificulta qualquer semelhança com outros trabalhos com esta população específica. Tradicionalmente, esta razão BF/AF, é indicada como a resposta do balanço autonômico: atividade simpática (BF)/atividade parassimpática (AF) (TASK FORCE-HRV, 1996; VANDERLEI et al., 2009). Diante das respostas dos outros componentes da VFC, já reportados, fica evidente a reduzida resposta da atividade simpática, juntamente com a redução da atividade parassimpática.

Em pessoas sem LME, normalmente ocorre um aumento desta razão. Merati et al. (2006) confirmaram este aumento significativo da razão BF/AF em exercício físico leve, em uma amostra sem LME, nas seguintes situações: posição supinada, sentada e em exercício físico, respectivamente. Perini e Veicsteinas (2003) também confirmaram estas diferenças nos componentes de VFC em diferentes posições (supino e sentado) e ainda durante o exercício físico com diferentes cargas em cicloergômetro. Além disto, destacaram a importância da atividade respiratória durante o exercício físico mais intenso, como um provável fator a ser considerado nas respostas da FC e componente de BF da VFC.

Resultados dos registros de frequência cardíaca e Pressão arterial (batimento a batimento) no segundo momento de avaliações

Com a oportunidade de realizar uma avaliação da PAS batimento a batimento, além de avaliações de componentes da sensibilidade barorreflexa, recrutamos novamente os dez sujeitos com LME –tetraplégicos- treinados por 2,5 anos em média em RCR. A onda de pressão arterial, foi medida e registrada através do equipamento *Finometer*[®] batimento a batimento. Os sujeitos foram avaliados sentados na cadeira de rodas no período pré exercício (repouso) e posteriormente, após uma sessão de exercício físico dinâmico (com intensidade de 70 a 90% da potência aeróbia, controlada pelo tempo e distância percorrida).

Encontramos diferenças significativas nos resultados pós exercício físico, quando comparado com o pré exercício físico do registro de variáveis relacionadas à pressão arterial. Tanto a PASist (112 ± 15 pré exercício vs 100 ± 16 pós exercício mmHg), quanto a variância da PASist (50 ± 42 vs 19 ± 10 mmHg²) e o componente de BF da variabilidade da PAS (7 ± 2 vs 3 ± 2 mmHg²) foram menores após a sessão de exercício físico. Indicando um efeito hipotensor pós esta sessão de exercício físico dinâmico com intensidade submáxima (~70 a 90% da potência aeróbia estimada). Esta resposta aguda, após sessões de exercício físico dinâmico são comuns em pessoas sem LME (BRUM et al., 2004). A hipotensão pós exercício físico caracteriza-se pela redução da pressão arterial durante o período de recuperação, fazendo com que os valores pressóricos observados pós exercícios permaneçam inferiores àqueles medidos antes do exercício ou mesmo aqueles medidos em um dia controle, sem a execução de exercícios (BRUM et al., 2004). RONDON et al. (2002), verificou que a queda pressórica pós exercício aeróbio se deve à redução do débito cardíaco, em função da diminuição do volume sistólico em hipertensos.

De forma um pouco diferente, jovens normotensos (FORJAZ et al., 2000), o mecanismo responsável pela redução da pressão arterial parece diferir entre os indivíduos, de modo que alguns respondem em função da redução do débito cardíaco e outros, em função da redução da resistência vascular periférica. Independentemente do mecanismo hemodinâmico sistêmico, a resistência vascular muscular está reduzida após o exercício físico, o que se deve à vasodilatação muscular mantida após o exercício (FORJAZ et al., 1999).

Já em PLME (tetraplégico) Takahashi et al. (2007) não encontrou diferenças de pressão arterial média, no período pós exercício, quando comparado ao período pré-exercício. Isto pode ser justificável pela intensidade e forma do exercício físico realizado, já que em nosso estudo, utilizamos um sessão de exercício dinâmico com intensidade moderada a alta e Takahashi et al. (2007) usou exercício resistido e com intensidade de 45% da capacidade voluntária máxima. No estudo de FORJAZ et al. (1998), foi constatado, que em indivíduos normotensos jovens, os exercícios dinâmicos de diferentes intensidades (30, 50 e 80% da VO² pico) promoviam reduções pressóricas pós exercício físico semelhantes, enquanto que num segundo estudo de FORJAZ et al., (2000), foi observado que o exercício físico mais intenso (75% do VO² pico) promovia maior redução pressórica após sessão.

Registros de PAS, batimento a batimento, são escassos na literatura mundial em tetraplégicos, mas ainda sim, os poucos resultados publicados, são semelhantes aos encontrados em nosso estudo na situação de repouso (112 ± 15 mmHg na PASist). Em 2005, Ditor e colaboradores (2005b) avaliaram 6 tetraplégicos em 2 dias para verificar a reprodutibilidade do registro de PAS batimento a batimento. Os valores de PASist foram de 111 ± 16 mmHg no dia 1 de avaliação e 110 ± 18 mmHg no dia 2, com isto ficou evidenciado a ótima reprodutibilidade e importância do uso do registro batimento a batimento da PAS em PLME – tetraplégicos. Ainda em 2005 outro estudo de Ditor e colaboradores (2005a), analisou a PAS batimento a batimento em tetraplégicos na situação de repouso e durante *Tilt* Teste. Os valores de PAS apresentaram tendência a serem menores durante a manobra postural, mas não estatisticamente diferentes (repouso: 117 ± 20 vs *tilt*: 107 ± 15 mmHg na PASist). Este estudo apresentou os efeitos de 6 meses de treinamento de caminhada em esteira com sustentação do corpo. Ficou evidenciada a redução de parâmetros simpáticos da VFC (BF e razão BF/AF) e da VPAS (BF da PASist) após os 6 meses de treinamento na situação de repouso.

Otsuka et al. (2008) também encontrou resultados reduzidos de BF da PASist em uma amostra de 10 tetraplégicos treinados, na posição sentada, quando comparado a um grupo de 10 tetraplégicos não treinados. Isto vem reforçar, que clinicamente, as alterações nos componentes de BF, razão BF/AF e BF da PASist estão associadas com um menor risco de mortalidade por problemas cardiovasculares e redução de lesões em órgãos alvos (FRATTOLA et al., 1993; TASK FORCE HRV, 1996). Além disto, existe um consenso de que a função vagal preservada é benéfica na manutenção da variabilidade da pressão arterial, com conseqüente proteção de lesão de órgão-alvo (SU e MIAO, 2001). Assim nossos achados sugerem uma melhora da modulação autonômica cardiovascular, independente da hipotensão pós exercício em PLME submetidos a uma sessão de exercícios dinâmicos, e após um mínimo de 2 anos de treinamento em RCR.

Diversos autores vêm estudando alterações na VFC após uma sessão de exercícios dinâmicos, demonstrando que exercícios com intensidades moderadas são capazes de aumentar a atividade parassimpática, redução da atividade simpática em repouso, bem como influenciar positivamente na sensibilidade barorreflexa (KAWAGUCHI et al., 2007).

Autores associam a prática regular de exercício físico com múltiplos resultados positivos entre indivíduos com LME, incluindo a melhora da capacidade cardiorrespiratória (JACOBS e NASH, 2004; JACOBS, NASH e RUSINOWSKI, 2000), melhora da capacidade

muscular (JANSSEN et al., 2002), melhora funcional (STREADWARD, 1998) e redução do esforço necessário para realizar atividades da vida diária (JANSSEN et al., 1996), além de redução do risco de doenças secundárias (KOSMA, CARDINAL e RINTALA, 2002).

Algumas limitações em nosso estudo foram observadas: a ausência da utilização de métodos invasivos para a confirmação de alguns resultados, isto auxiliaria na comprovação de respostas autonômicas, como por exemplo, a coleta de sangue para verificação das dosagens de catecolaminas nas diferentes situações estudadas. A dificuldade de estabelecer um grupo homogêneo, em relação as alterações autonômicas e cardiovasculares provocadas pela LME, visto que alguns participantes apresentavam respostas semelhantes a indivíduos não lesados para algumas variáveis e outros apresentavam respostas cardiovasculares e autonômicas características de pessoas tetraplégicas. A não interferência nos medicamentos utilizados, pois esta população normalmente necessita de alguns medicamentos de uso contínuo, principalmente relacionados a redução de infecções (urinárias) e que poderiam de forma indireta interferir em algumas respostas pontuais. E por fim, a não possibilidade de avaliar um grupo de tetraplégicos não treinados (menos de 30 min de exercícios físicos por semana- OTSUKA et al., 2008) para possíveis comparações de todos estes parâmetros avaliados.

4.3.5 Considerações Finais

O presente estudo, investigou a variabilidade da FC em um grupo de pessoas com LME (tetraplégicos) praticantes de RCR, em diferentes situações: repouso, TEM e exercício físico e também parâmetros da VPAS em repouso pré exercício físico e pós exercício físico.

Podemos afirmar que apesar da escassez de artigos publicados com esta população em situações de exercício físico e avaliações autonômicas, os resultados encontrados na amostra estudada, apresentam uma perspectiva ótima em relação a pratica de exercícios físicos regulares por parte de pessoas com lesão da medula espinhal.

Podemos citar os resultados na amostra estudada, de menor percentual de gordura, potência aeróbia dentro da normalidade para esta população, além de menores sinais de hipotensão e bradicardia de repouso, indicam de que os parâmetros avaliados neste estudo, nos levam a crer, na melhoria de respostas do controle autonômico cardíaco, pois corroboraram com

estudos em indivíduos sem LME e com os poucos estudos em PLME, no qual as funções parassimpáticas estão ressaltadas.

Novos ensaios podem abordar diferentes atuações nos exercícios físicos (intensidade, características e equipamentos) para uma ampliação das respostas autonômicas e cardiovasculares encontradas no presente estudo.

4.3.6 Referências Bibliográficas.

ACSM- Position Stand-Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. **Med Sci Sports Exerc.** Jul;43(7):1334-59, 2011.

ALONSO, D. O. C., FORJAZ, L. M., REZENDE, L. O., BRAGA, A. M. F. W., BARRETTO, A. C. P., NEGRÃO, C. E., RONDON, M. U. P. B. Comportamento da Frequência Cardíaca e da Sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo. **Arq Bras Cardiol**, volume 71 (n° 6), 787-792, 1998.

ARAI, Y., SAUL, J. P., ALBRECHT, P. HARTLEY, L. H., LILLY, L. S., COHEN, R. J., COLUCCI, W. S. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **Am J Physiol**; 256: H132-41, 1989.

BARFIELD, J. P.; MALONEB, L. A.; ARBOC, C.; JUNG, A. P. Exercise intensity during wheelchair rugby training. **J Sports Sci.** v. 28, n. 4, p. 389-398, 2010.

BERNARDI, L., SALVUCCI, F., SUARDI, R., SOLDÁ, P. L., CALCIATTI, A., PERLINI, S., FALCONE, C., RICCIARDI, L. Evidence for an intrinsic mechanism regulating heart rate variability in the transplanted and the intact heart during submaximal dynamic exercise? **Cardiovasc Res**; 24: 969-81, 1990.

BERNJAK, A., DEITRICK, G.A., BAUMAN, W.A., STEFANOVSKA, A., TUCKMAN, J. Basal sympathetic activity to the microcirculation in tetraplegic man revealed by wavelet transform of laser Doppler flowmetry. **Microvasc Res.** May;81(3):313-8, 2011.

BHAMBHANI, Y. Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury. **Sports Med.** 32:23-51, 2002.

- BIRK, T. J., NIESHOFF, E., GRAY, G., STEEBY, J., e JABLONSKI, K.. Metabolic and cardiopulmonary responses to acute progressive resistive exercise in a person with C4 spinal cord injury. **Spinal Cord**. 39, 336–339, 2001.
- BLOOMFIELD, S., JACKSON, R. D., MYSIW, W. J. Catecholamine response to exercise and training in individuals with spinal cord injury. **Med Sci Sports Exerc**. Oct;26(10):1213-9, 1994.
- BREUER, H. W. M., SKYSCHALLY, A., SCHULZ, R., MARTIN, C., WEHR, M., HEUSCH, G. Heart rate variability and circulating catecholamine concentrations during steady state exercise in healthy volunteers. **Br Heart J**; 70: 144-9, 1993.
- BRUM, P. C., FORJAZ, C. L. M., TINUCCI, T., NEGRÃO, C. E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Rev Paul Educ Fís**, São Paulo, v.18, p.21-31, ago. 2004.
- BUNTEN, D.C., WARNER, A.L., BRUNNEMANN, S.R., SEGAL, J. Heart rate variability is altered following spinal cord injury. **Clin Aut Res**; 8:329-334, 1998.
- CAMPANA, M. B. **O Rúgbi em cadeira de rodas: aspectos técnicos e táticos e diretrizes para seu desenvolvimento**. Dissertação de Mestrado em Educação Física, 149f. Orientador: Prof. Dr. José Irineu Gorla. Faculdade de Educação Física (FEF). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2010.
- CARDÚS, D, McTAGGART, W.G. Total body water and its distribution in men with spinal cord injury. **Arch Phys Med Rehabil**. Sep;65(9):509-12, 1984.
- CHACON-MIKAHIL, M. P., FORTI, V. A., CATAI, A. M., SZRAJER, J. S., GOLFETTI, R., MARTINS, L. E., LIMA-FILHO, E. C., WANDERLEY, J. S., MARIN NETO, J. A., MACIEL, B. C., GALLO-JÚNIOR, L. Cardiorespiratory adaptations induced by aerobic training in middle-aged men: the importance of a decrease in sympathetic stimulation for the contribution of dynamic exercise tachycardia. **Braz J Med Biol Res**. May; 31(5):705-12, 1998.
- CLASEY, J. L., GATER JR, D. R. A comparison of hydrostatic weighing and air displacement plethysmography in adults with spinal cord injury. **Arch Phys Med Rehabil**. 86:2106-13, 2005.
- CLAYDON, V. E. e KRASSIOUKOV, A. V. Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**. Feb; 294(2): H668-78, 2008.

- COLLINS, H.L., RODENBAUGH, D.W., DICARLO, S.E. Spinal cord injury alters cardiac electrophysiology and increases the susceptibility to ventricular arrhythmias. **Prog Brain Res.** 152:275-88, 2006.
- DE ANGELIS, K., SANTOS, M.S.B., IRIGOYEN, M.C. Sistema nervoso autônomo e doença cardiovascular. **Rev Soc de Cardiol RS**, v.3, 2004.
- DITOR, D. S., KAMATH, M. V., MACDONALD, M. J., BUGARESTI, J. McCARTNEY, N., HICKS, A. L. Effects of body weight-supported treadmill training on heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. **J Appl Physiol**; 98: 1519–1525, 2005a.
- DITOR, D. S., KAMATH, M. V., MACDONALD, M. J., BUGARESTI, J., McCARTNEY, N., HICKS, A. L. Reproducibility of heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. **Clin Auton Res** 15:387–393, 2005b.
- FALASHI, P., PROIETTI, A., DE ANGELIS, C.; MARTOCCHIA, A., GIARRIZZO, C., BISELLI, R., D'URSO, R., D'AMELIO, R. Effects of mental stress on cardiovascular and endocrine response in Air Force Academy cadets. **Neuro Endocrinol Lett.**; 24 (3-4):197-202, 2003.
- FALKNER, B., ONESTI, G., ANGELAKOS, E. Cardiovascular response to mental stress in normal adolescent with hypertensive parents. **Hypertension** 1:23-30, 1979.
- FLORES, L. J. F. **Efeitos do treinamento físico em ratas ooforectomizadas e infartadas: avaliações do controle autônomo da circulação.** *Dissertação de Mestrado*- Orientadora: Profa. Dra. Kátia De Angelis. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física. Universidade São Judas Tadeu- São Paulo-SP, 2006.
- FLORES, L.J.F., FIGUEROA, D., SANCHES, I.C. et al. Effects of exercise training on autonomic dysfunction management in an experimental model of menopause and myocardial infarction. **Menopause**, Vol. 17, No. 4, 2010.
- FORJAZ, C. L. M., RAMIRES, P. R., TINUCCI, T., ORTEGA, K. C., SALOMÃO, H. E. H., IGNÊS, E.C., WAJCHENBERG, B. L., NEGRÃO, C. E., MION JR, D. Post-exercise responses of muscle sympathetic nerve activity, and blood flow to hyperinsulinemia in humans. **J Appl Physiol**, v.87, n.2, p.824-9, 1999.

- FORJAZ, C. L., TINUCCI, T., ORTEGA, K. C., SANTAELLA, D. F., MION JR, D., NEGRÃO, C. E. Factors affecting post-exercise hypotension in normotensive and hypertensive humans. **Blood Press Monit.** Oct-Dec; 5(5-6):255-62, 2000.
- FORJAZ, C.L.M.; MATSUDAIRA, Y.; RODRIGUÊS, F.B.; NUNES, N.; NEGRÃO, C.E. Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. **Brazilian J Med Biol Res**, v.31, n.10, p.1247-55, 1998.
- FRANCHINI, K.G. e KRIEGER, E.M. Neurogenic hypertension in the rat. *Handbook of Hypertension*. Genetic and Experimental Models of Hypertension (II). D. Gantem (Ed.). Elsevier Publisher Co., Amsterdam. 1995.
- FRANCICA, J. V. **Ajustes cardiovasculares induzidos pelos exercícios resistidos em jovens com história familiar de hipertensão.** *Dissertação de Mestrado* - Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Kátia De Angelis. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física. Universidade São Judas Tadeu- São Paulo-SP, 2008.
- DIONYSSIOTIS, Y., PETROPOULOU, K., RAPIDI, C. A., PAPAGELOPOULOS, P., PAPAIOANNOU, N., GALANOS, A., PAPADAKI, P., LYRITIS, G. P. Body Composition in Paraplegic Men. **J Clin Densitom**, v.11, n. 3, 437-443, 2008.
- FRANKLIN, B. A., SWANTEK, K. I., GRAIS, S. L., JOHNSTONE, K. S., GORDON, S., TIMMIS, G. C. Field Test Estimation of maximal oxygen consumption in wheelchair users. **Arch Phys Med Rehabil**, vol 71, 1990.
- FRATTOLA A, PARATI G, CUSPIDI C, ALBINI F, AND MANCIA G. Prognostic value of 24 hour blood pressure variability. **J Hypertens** 11: 1133–1137, 1993.
- FURLAN, R., PIAZZA, S., DELL'ORTO, S., GENTILE, E. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. **Cardiovascular Research**, 27:482-48, 1993.
- GALL, B., W. PARKHOUSE, and D. GOODMAN. Heart Rate Variability of Recently Concussed Athletes at Rest and Exercise. **Med.Sci. Sports Exerc**, 36, (8), pp. 1269–1274, 2004.
- GALLO, JR., L., MACIEL, B.C., MARIN NETO, J.A., MARTINS, L.E.B. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. **Brazilian J Med Biol Res**; 22: 631-43, 1989.
- GAMELIN, F. X., S. BERTHOIN, e L. BOSQUET. Validity of the polar s810 heart rate monitor to measure r-r intervals at rest. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 38, n. 5, pp. 887-893, 2006.

- GATER JR, D. R. Obesity After Spinal Cord Injury. **Phys Med Rehabil Clin N Am** 18: 333–351, 2007.
- GONÇALVES, A. M. T, ROSA, L. N., D'ÂNGELO, C. T., SAVORDELLI, C. L., BONIN, G. L., SQUARCINO, I. M., BORRELLI, M. Aspectos epidemiológicos da lesão medular traumática na área de referência do Hospital Estadual Mário Covas. **Arq Med ABC**. 32(2):64-6, 2007
- GORLA, J.I., CAMPANA, M.B. e OLIVEIRA, L.Z. **Teste e Avaliação em Esporte Adaptado**. Ed. Phorte, São Paulo-SP, 2009.
- GRIMM, D.R., DEMEERSMAN, R.E., AL- MENOFF, P.L., SPUNGEN, A.M, BAUMAN, W.A. Sympathovagal balance of the heart in subjects with spinal cord injury. **Am J Physiol** 272:H835–H842, 1997.
- GUZZETTI, S., COGLIATI, C., BROGGI, C., CAROZZI, C., CALDIROLI, D., LOMBARDI, F., MALLIANI, A. Influences of neural mechanisms on heart period and arterial pressure variabilities in quadriplegic patients. **Am J Physiol Heart Circ Physiol** 266: H1112–H1120, 1994.
- HAIR Jr, J.F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L. **Análise Multivariada de dados**. 6ª Ed. Porto Alegre: Bookmann, 2009.
- HOPMAN, T. E. M., MONROE, M., DUECK, C., PHILLIPS, W.T., SKINNER, J. S. Blood redistribution and circulatory responses to submaximal arm exercise in persons with spinal cord injury. **Scand J Rehabil Med**. 30:167-74, 1998.
- INOUE, K., HAJIME, O., HAYANO, J., SHINJI, M., KAMADA, T., KUNO, M., KUMASHIRO, M. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegic patients by spectral analysis of heart rate variability. **J Auton Nerv Syst**. 54: 225-34, 1995.
- INOUE, K., MIYAKE, S., KUMASHIRO, M., OGATA, H., UETA, T., AKATSU, T. Power spectral analysis of blood pressure variability in traumatic quadriplegic humans. **Am J Physiol**; 260:H842–H847, 1991.
- IRIGOYEN, M. C., PAULINI, J., FLORES, L. J. F., FLUES, K., BERTAGNOLLI, M., NOGUEIRA, E. D., CONSOLIM-COLOMBO, F., BELLO-KLEIN, A., DE ANGELIS, K. Exercise Training Improves Baroreflex Sensitivity Associated With Oxidative Stress Reduction in Ovariectomized Rats. **Hypertension**; 46[part 2]:1-6, 2005.

- IRIZAWA, M., YAMASAKI, M., MURAKI, S., KOMURA, T., SEKI, K., KIKUCHI, K. Relationship between heart rate and oxygen uptake during submaximal arm cranking in paraplegics and quadriplegics. **Ann Physiol Anthropol.** 13: 275-80, 1994.
- ISHISE, H., ASANOI, H., ISHIZAKA, S., JOHO, S., ISO, H., SHIMAMOTO, T., KITAMURA, A., IIDA, M., KOMACHI, Y. Time course of sympathovagal imbalance and left ventricular dysfunction in conscious dogs with heart failure. **J Appl Physiol**; 84(4): 1234-41, 1998.
- JACOBS, P. L., M. S. NASH, RUSINOWSKI J. W. Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. **Med. Sci. Sports Exerc.** 33, 711–717, 2001.
- JACOBS, P., e NASH, M. Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury. **Sports Medicine.** 34, 725–751. 2004.
- JANSSEN, T. W. J., DALLMEIJER, A. J., VEEGER, D. H. E. J., E VAN DER WOUDE, L. H. V. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. **J Rehabil Res Dev.** 39, 29–39, 2002.
- JANSSEN, T. W. J., VAN OERS, C. A. J. M., ROZENDAAL, E. P., WILLEMSSEN, E. M., HOLLANDER, A. P., & VAN DER WOUDE, L. H. V. Changes in physical strain and physical capacity in men with spinal cord injuries. **Med Sci Sports Exerc.** 28, 551–559, 1996.
- JONES, L. M., LEGGE, M., GOULDING, A. Healthy body mass index values often underestimate body fat in men with spinal cord injury. **Arch Phys Med Rehabil.** 84(7):1068–71, 2003.
- KAWAGUCHI ,L. YUKIO A., NASCIMENTO, A. C.P., LIMA, M. S., FRIGO, L., PAULA JÚNIOR, A., TIERRA-CRIOLLO, C.J., LOPES-MARTINS, R. A. B. Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Rev Bras Med Esporte** Vol. 13, Nº 4 – Jul/Ago, 2007.
- KOH, J., BROWN, T. E., BEIGHTOL, L. A., HA, C. Y., ECKBERG, D. L. Human autonomic rhythms: vagal cardiac mechanisms in tetraplegic subjects. **J Physiol** 474: 483– 495, 1994.
- KOSMA, M. CARDINAL, B.J., RINTALA, P. Motivating individuals with disabilities to be physically active. **Quest**, (54) 116-132, 2002.
- LA FOUNTAINE, M. F., WECHT, J. M., SPUNGEN, A. M., BAUMAN, W. A. Intra-inter visit reproducibility of short-term linear and nonlinear measurement of heart rate variability in tetraplegia and neurologically intact controls. **Physiol Meas.** 31(3):363-74, 2010.

- LA ROVERE, M.T., PINNA, G.D., RACZAK G. Baroreflex sensitivity: measurement and clinical implications. **Ann Noninvasive Electrocardiol**. Apr; 13(2):191-207, 2008.
- LEITE, S. T. **Efeitos de diferentes protocolos de treinamento físico sobre o controle autonômico e cardiorrespiratório em homens de meia-idade**. Tese de Doutorado em Educação Física, 85f. Orientadora: Profa. Dra. Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil. Faculdade de Educação Física (FEF). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2010.
- LOIMAALA, A., SIEVANEN, H., LAUKKANEN, R., PARKKA, J., VUORI, I., HUIKURI, H. Accuracy of a novel real-time microprocessor QRS detector for heart rate variability assessment. **Clin Physiol**, 19:84-88, 1999.
- MALLIANI, A., PAGANI, M., LOMBARDI, F., CERUTTI, S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation**, v.84, p.482-492, 1991.
- MANCIA, G., GIANNATTASIO, C., PARATI, G., FAILLA, M., STELLA, M. L. Hemodynamics and pressure variability in isolated systolic hypertension. **Cardiology**; 39 (12 Suppl 1):247-50, 1994.
- 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**. Jan; 53(1):43-52, 2006.
- MITCHELL, J.H. Neural control of the circulation during exercise. **Med Sci Sports Exer**; 22: 141-54, 1990.
- MYERS, J., LEE, M., KIRATLI, J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. **Am J Phys Med Rehabil**;86:142–152, 2007.
- NAKAMURA, Y., YAMAMOTO, Y., MURAOKA, I. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. **J Appl Physiol**; 74: 875-81, 1993.
- NÓBREGA, A.C.L.; CASTRO, R.R.T.; SOUZA, A.C. Estresse mental e hipertensão arterial sistêmica. **Rev Bras Hipertens**. 14 (2):94-97, 2007.
- NUNAN, D., DONOVAN, G., JAKOVLJEVIC, D. G., HODGES, L. D., SANDEROCK, G. BRODIE, A. Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the polar s810. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 1, pp. 243-250, 2009.

- OLIVEIRA, P. A. S., PIRES, J. V., BORGES FILHO, J. M. M. Traumatismos da coluna torácica e lombar: avaliação epidemiológica. **Rev Bras Ortop.** 31(9):771-776, 1996.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Defining the problem of overweight and obesity. In: WHO Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO Consultation. Genova, 2000.
- OTSUKA, Y., SHIMA, N., MORITANI, T., OKUDA, K., YABE, K. Orthostatic influence on heart rate and blood pressure variability in trained persons with tetraplegia. **Eur J Appl Physiol.** 104(1):75-8, 2008.
- PAOLILLO, F. R., PAOLILLO, A. R., CLIQUET JR, A. Respostas cardio-respiratórias em pacientes com traumatismo raquimedular. **Acta Ortop Bras** 13(3):149-152, 2005.
- PARATI, G., SAUL, J.P., CASTIGLIONI, P. Assessing arterial baroreflex control of heart rate: new perspectives. **J Hypertens.** Jul; 22(7):1259-63, 2004.
- PASCHOAL, M. A., VOLANTI, V. M., PIRES, C. S., FERNANDES, F. C. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. **Rev Bras Fisioter**, São Carlos, v10, n4 p. 413-419, 2006.
- PERINI, R e VEICSTEINAS, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **Eur J Appl Physiol** 90: 317–325, 2003.
- POWERS, S. K., HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício.** 5^a Ed. Manole. Barueri, 2006.
- RIMOLDI, O., FURLAN, R., PAGANI, M. R., PIAZZA, S., GUAZZI, M., PAGONI, M., MALLIANI, A. Analysis of neural mechanisms accompanying different intensities of dynamic exercise. **Chest**; 101(suppl): 226-30, 1992.
- ROBINSON, B. F., EPSTEIN, S. E., BEISER, G. D., BRAUNWALD, E. Control of heart rate by the autonomic nervous system. Studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. **Circ Res.** Aug;19(2):400-11, 1966.
- RONDON, M. U. P., ALVES, M. J. N. N., BRAGA, A. M. F. W., TEIXEIRA, O. T. U. N., BARRETTO, A. C. P., KRIEGER, E. M., NEGRÃO, C. E. Postexercise blood pressure reduction in elderly hypertensive patients. **J Am Coll Cardiol**, v.30, p.676-82, 2002.
- ROWELL, L. B., O'LEARY, D. S. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. **J Appl Physiol.** Aug; 69(2):407-18, 1990.

RUHA, A., SALLINEN, S., NISSILA, S. A real-time microprocessor QRS detector system with 1-ms timing accuracy for the measurement of ambulatory HRV. **IEEE Trans Biomed Eng**, 44:159-167, 1997.

SCHMID, A., HUONKER, M., STAHL, F., BARTUREN, J. M., KÖNIG, D., HEIM, M., LEHMANN, M., KEUL, J. Free plasma catecholamines in spinal cord injured persons with different injury levels at rest and during exercise. **J Auton Nerv Syst**. 68: 96-100, 1998.

SEDLOCK, D. A., LAVENTURE, S. J. Body composition and resting energy expenditure in long term spinal cord injury. **Paraplegia**. 28: 448-54, 1990.

SHIN, K., MINAMITAMI, H., ONISHI, S., YAMAZAKI, H., LEE, M. The power spectral analyses of heart rate variability in athletes during dynamic exercise - Part I. **Clin Cardiol**; 18: 583-6, 1995a.

SHIN, K., MINAMITAMI, H., ONISHI, S., YAMAZAKI, H., LEE, M. The power spectral analyses of heart rate variability in athletes during dynamic exercise - Part II. **Clin Cardiol**; 18: 664-8, 1995b.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA / Sociedade Brasileira de Hipertensão / Sociedade Brasileira de Nefrologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. **Arq Bras Cardiol**; 95(1 supl.1): 1-51, 2010.

SPUNGEN, A. M., ADKINS, R. H., STEWART, C. A., WANG, J., PIERSON JR, R. N., WATERS, R. L., BAUMAN, W. A. Factors influencing body composition in persons with spinal cord injury: a cross-sectional study. **J Appl Physiol**. 95(6):2398–407, 2003.

SPUNGEN, A. M., BAUMAN, W. A., WANG, J., PIERSON, R. N. The relationship between total body potassium and resting energy expenditure in individuals with paraplegia. **Arch Phys Med Rehabil**. 74: 965-8, 1993.

STEADWARD, R. Musculoskeletal and neurological disabilities: implications for fitness appraisal, programming, and counselling. **Can J Appl Physiol**. Apr;23(2):131-65, 1998.

SU, D.F. e MIAO, C.Y. Blood pressure variability and organ damage. **Clin Exp Pharmacol Physiol**. 28, 709 – 715, 2001.

TAKAHASHI, M., MATSUKAWA, K., NAKAMOTO, T., TSUCHIMOCHI, H., SAKAGUCHI, A., KAWAGUCHI, K., ONARI, K. Control of heart rate variability by cardiac parasympathetic nerve activity during voluntary static exercise in humans with tetraplegia. **J Appl Physiol** 103: 1669–1677, 2007.

TASK FORCE HRV. Standards of measurement, physiological interpretation and of clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society Pacing and Electrophysiology. **Circulation**; 93: 1043-65, 1996.

VANDERLEI, L. C. M., PASTRE, C. M., HOSHI, R.A., CARVALHO, T. D. e GODOY, M. F. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**; 24(2): 205-217, 2009.

VIEIRA, F. L. H., LIMA, E. G. Testes de estresse laboratoriais e hipertensão arterial. **Rev Bras Hipertens**. vol.14(2): 98-103, 2007.

WALLÉN, M. B., HASSON, D., THEORELL, T. CANLON, B., OSIKA, W. Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. **Eur J Appl Physiol**; 16 jul, 2011.

WANG, Y.H., HUANG, T.S., LIN, J.L., HWANG, J.J., CHAN, H.L., LAI, J.S., TSENG, Y.Z. Decreased autonomic nervous system activity as assessed by heart rate variability in patients with chronic tetraplegia. **Arch Phys Med Rehabil**; 81:1181–1184, 2000.

WECHT, J. M., ROSADO-RIVERA, D., JEGEDE, A., CIRNIGLIARO, C. M., JENSEN, M. A., KIRSHBLUM, S., BAUMAN, W. A. Systemic and cerebral hemodynamics during cognitive testing. **Clin Auton Res**. Jul 27, 2011.

WECHT, J. M., WEIR, J. P., BAUMAN, W. A. Blunted heart rate response to vagal withdrawal in persons with tetraplegia. **Clin Auton Res** 16378–83, 2006.

WOLF, M. M., VARIGOS, G. A., HUNT, D., SLOMAN, J. G. Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. **Med J Aust**. 15; 2(2):52-3, 1978.

YAMAMOTO, Y., HUGHSON, R.L., PETERSON, J.C. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **J Appl Physiol**; 71: 1136-42, 1991.

APÊNDICES

APÊNDICE I - TERMO DE CONSENTIMENTO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Educação Física

Departamento de Estudos da Atividade Motora Adaptada

VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM LESADOS MEDULARES NAS SITUAÇÕES DE REPOUSO, UM TESTE DE ESTRESSE MENTAL E DURANTE EXERCÍCIO FÍSICO

- **Objetivo da pesquisa:** Avaliar a variabilidade da frequência cardíaca em lesados medulares nas situações de repouso, um teste de estresse mental e durante , exercício físico. Além deste objetivo Geral, o presente projeto visa ainda avaliar e comparar:
 - A composição corporal através da Absortometria Radiológica de Dupla Energia (DXA);
 - A pressão arterial (PA), a frequência cardíaca (FC) e a modulação autonômica através da variabilidade da FC em repouso;
 - Os parâmetros bioquímicos (lactato, colesterol total, triglicerídeos e glicemia) sanguíneos de repouso;
 - As respostas da PA, da FC e a variabilidade da FC em resposta ao teste de estresse mental;
 - Os parâmetros de PA, da FC, da variabilidade da FC e do lactato sanguíneo em resposta a uma sessão de exercício aeróbio em quadra poliesportiva.

Procedimentos da Pesquisa: Caso você aceite participar da pesquisa serão avaliados parâmetros de: frequência cardíaca (batimentos do coração) em repouso, durante o exercício em cadeira de rodas na quadra poliesportiva durante 12 minutos e em um teste de estresse mental (repouso). Durante as avaliações será verificada a Pressão arterial em repouso e após as avaliações, de maneira semelhante acontecerão as avaliações de lactato, glicemia, colesterol total e triglicerídeos. Outro fator importante é que a partir dessas avaliações, poderão ser utilizados os resultados dos sujeitos para melhorar seus aspectos de saúde e desempenho para a realização das atividades do dia-a-dia.

Desconforto e riscos de participação: Durante as coletas de lactato, glicemia, colesterol total e triglicerídeos será feita uma pequena incisão (furo) na ponta do dedo (através de lancetador próprio e descartável) para a coleta de 4 gotas de sangue (respectivamente) que serão inseridas nos aparelhos para a análise.

Benefícios da Pesquisa: Você terá benefício em sua participação, pois poderá saber de algum problema cardiovascular ou bioquímico que pode ser diagnosticado nas avaliações e posteriormente encaminhado aos demais profissionais de saúde para o auxílio, além disto, estará ajudando o entendimento de processos cardiovasculares em situações fisiológicas distintas que irão contribuir para profissionais da área da saúde para atuarem com lesados medulares.

Esclarecimentos: A participação nesta pesquisa é voluntária. Você não é obrigado a aceitar e pode se recusar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem qualquer problema. Para isso basta falar com o pesquisador. Em qualquer momento, você poderá pedir mais informações ou esclarecimentos sobre a pesquisa e sua participação. Para informações ou reclamações sobre os aspectos éticos você (19) 3521-8936 pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp, telefone ou pelo e-mail cep@fcm.unicamp.br.

Confidencialidade: A identidade de todos os voluntários será mantida em sigilo, tanto pelo pesquisador como pela instituição onde será realizada a pesquisa. Os resultados do estudo poderão ser divulgados em palestras, cursos, conferências, periódicos científicos ou outra forma de divulgação que possa transmitir os conhecimentos para a

sociedade e profissionais da área, sempre sem nenhuma identificação dos participantes.

Gastos Adicionais: Não serão necessários gastos de sua parte durante a participação no estudo.

APÊNDICE II - Consentimento Pós-informação:

Após ler e compreender as informações acima, eu

_____,
portador da Carteira de Identidade n. _____, esclarecido sobre todos os aspectos da pesquisa como objetivos, riscos, procedimentos e sigilo, de livre vontade dão meu consentimento para minha inclusão como sujeito da pesquisa.

Assim assino este documento de autorização e recebo uma cópia do mesmo.

Assinatura do Participante Voluntário

Data: ____/____/____

Assinatura do Pesquisador

Data: ____/____/____

Pesquisador: Lucinar Jupir Forner Flores

Fone: (45) 9919-5226

e-mail: lucinarflores@yahoo.com.br

APÊNDICE III - FICHA DE COLETA DE DADOS

Data da Avaliação: ____/____/____. Horário do Polar (____:____)

Nome: _____

Apenas para interpretação dos resultados. A identidade do participante será mantida sob sigilo.

Data de nascimento: ____/____/____ Data da Lesão: ____/____/____

Nível da lesão: _____

FC rep: _____ PA rep: _____ FC 15min r-r _____

FC rep _____ PA rep _____ TEM: _____ FC1 _____, tempo _____ FC2 _____, tempo2 _____ FC3 _____, tempo3 _____ PA final _____ Rec 10' _____

FC rec _____ e PA rec _____.

Sessão de Exercício (12') Data ____/____/____ Horário do Polar (____:____)

Inicial	Final 12'	Rec 2'	Rec 15'	Rec 30'
PA				
FC				
LA				
Glicemia				
Colesterol				
Trigli				