



CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA
Pró-Reitoria de Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação – PPGCR
Mestrado em Ciências da Reabilitação

EDGARD WILLIAM MARTINS

**PERFIL DA MODULAÇÃO AUTÔNOMICA CARDÍACA DE INDIVÍDUOS COM
LESÃO MEDULAR CERVICAL INCOMPLETA PRATICANTES DE RUGBY EM
CADEIRA DE RODAS**

RIO DE JANEIRO

ANO 2016

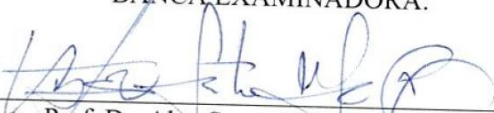
EDGARD WILLIAM MARTINS

**PERFIL DA MODULAÇÃO AUTÔNOMICA CARDÍACA DE INDIVÍDUOS COM
LESÃO MEDULAR CERVICAL INCOMPLETA PRATICANTES DE RUGBY EM
CADEIRA DE RODAS**

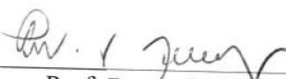
Dissertação de mestrado apresentado ao
Programa de Pós-graduação em Ciências da
Reabilitação, do Centro Universitário
Augusto Motta, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Ciências da Reabilitação.

Aprovado em: _____.

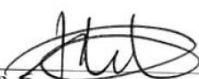
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Alex Souto Maior – Orientador
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Fernando Silva Guimarães
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Thiago Lemos Carvalho
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Silvio Marques
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Rio de Janeiro
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas UNISUAM

616.1 Martins, Edgard William.

M386p Perfil da modulação autonômica cardíaca de indivíduos com lesão medular cervical incompleta praticantes de rugby em cadeira de rodas. / Edgard William Martins.- Rio de Janeiro, 2016. 60 p.

 Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação). Centro Universitário Augusto Motta, 2016.

 1. Sistema autonômico cardíaco. 2. Exercício físico. 3. Lesão medular cervical.

I. Título.

CDD 22. ed.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Altino Nunes Martins e Veronica Martins pelo carinho e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. A minha irmã Prof. Msc Patrícia Martins, referencia como pesquisadora e exemplo na docência no ensino superior. A minha esposa Tatiana Jardim Serra de Souza, companheira e amiga que sempre esteve ao meu lado ao longo desse período. A minha querida filha Maria Clara Silveira Martins, sem ela essa conquista não seria possível.

AGRADECIMENTO

Ao meu orientador prof. Dr. Alex Souto Maior pela confiança e oportunidade de trabalhar ao seu lado, além da amizade e compreensão em momentos difíceis.

Aos Mestres e Doutores do programa de mestrado em ciência da reabilitação por sua ajuda em momentos críticos, por acreditar no futuro deste projeto e contribuir para o meu crescimento profissional.

Aos professores que aceitaram compor minha banca de qualificação e de defesa, pelas sugestões e análises significativas.

Aos colegas pelo carinho, paciência e incentivo nos momentos mais difíceis.

EPÍGRAFE

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância” (John F. Kennedy).

RESUMO

Introdução: O trauma raquimedular (TRM) é uma lesão da coluna vertebral que pode ocorrer em qualquer um dos seus segmentos, incluindo ou não as raízes nervosas e a medula espinhal, podendo levar a danos irreversíveis. Contudo, o grau de comprometimento da função cardíaca está relacionado com o nível neurológico da lesão. Indivíduos com lesões medulares cervicais apresentam comprometimento da função autonômica que contribui para a ocorrência de doenças cardiovasculares quando comparado a lesões medulares torácicas ou lombares. Por outro lado, pouco se sabe sobre os ajustes autonômicos relacionados à prática de exercícios físicos por indivíduos com lesão medular cervical incompleta. **Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi investigar o perfil da modulação autonômica cardíaca em repouso de indivíduos com lesão medular cervical incompleta (nível da lesão cervical C5 à C8) praticantes de *rugby* em cadeira de rodas. **Métodos:** Participaram do estudo 20 indivíduos do gênero masculino divididos em três grupos distintos. O grupo controle (GC) foi composto por oito indivíduos ($28,3 \pm 4,5$ anos; $178,4 \pm 6,5$ cm; $82,1 \pm 6,8$ kg; $27,2 \pm 2,5$ kg / m²) com medula espinhal intacta, envolvidos regularmente em um programa de treinamento de força e treinamento aeróbico de baixa intensidade. Participaram do grupo exercício (GE) 8 indivíduos com lesão medular cervical incompleta ($32,3 \pm 4,5$ anos, $175,1 \pm 5,3$ cm, $73,6 \pm 9,6$ kg; IMC de $23,8 \pm 3,6$ kg / m²) praticantes de *Rugby* em cadeira de rodas. Entretanto, o grupo sedentário (GS) foi composto por 4 indivíduos com lesão medular cervical incompleta ($30,8 \pm 5,3$ anos, $173,4 \pm 10,1$ cm, $69,7 \pm 7,1$ kg; IMC de $23,5 \pm 2,9$ kg / m²) que não praticavam qualquer tipo de exercício físico. Todos os indivíduos foram monitorados em repouso na postura sentada através de um monitor cardíaco (Polar RS800CX – Finlândia) e a análise da variabilidade da frequência cardíaca foi calculada, usando algoritmos baseados em MATLAB, a partir da extração dos intervalos RR durante 10 minutos de registro contínuo em repouso. **Resultados:** O GC apresentou valores significativamente superiores nos intervalos R-R, a proporção de intervalos R-R adjacentes por mais de 50 ms (pNN50), o número de diferenças intervalo de sucessivos intervalos NN superiores a 50 ms (NN50), a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas (RMSSD) e o componente de alta frequência (HF) espectral de potência quando comparado ao GE e GS. Por outro lado, o GC exibiu valores significativamente superiores do desvio padrão dos intervalos R-R (SDNN) apenas em relação ao GE. Além disso, os resultados do efeito de tamanho (ES) apresentaram uma tendência para redução do componente de baixa frequência normalizado (LFnorm) no grupo GS quando comparado ao grupo GE. **Conclusão:** A prática de exercícios físicos parece promover ajustes autonômicos em indivíduos com lesões medulares cervical incompleta praticantes de *rugby* em cadeira de rodas.

Palavras-chave: Sistema autonômico cardíaco, exercício físico, lesão medular cervical.

ABSTRACT

Introduction: The spinal cord injury (SCI) is a spinal injury that can occur in any of its segments, including whether or not the nerve roots and spinal cord and can lead to irreversible damage to the individual. However, the degree of impairment of cardiac function associated with neurological injury level. Cervical spinal cord lesions have an impaired autonomic function that contributes to the occurrence of cardiovascular diseases as compared to thoracic or lumbar spinal cord injuries. On the other hand, little is known about autonomic adjustments related to physical exercise for individuals with incomplete cervical spinal cord injury. **Objective:** The aim of this study was to investigate the profile of the cardiac autonomic modulation in resting individuals with incomplete cervical spinal cord injury (level of the cervical lesion C5 to C8) rugby practitioners in a wheelchair. **Methods:** The study included 20 male individuals divided into three groups. The control group (CG) consisted of eight subjects (28.3 ± 4.5 years, 178.4 ± 6.5 cm and 82.1 ± 6.8 kg; 27.2 ± 2.5 kg / m²) with intact spinal cord, regularly involved in a strength training program and low intensity aerobic training. Participated in the exercise group (EG) 8 individuals with incomplete cervical spinal cord injury (32.3 ± 4.5 years, 175.1 ± 5.3 cm, 73.6 ± 9.6 kg; BMI 23.8 ± 3 , 6 kg / m²) Rugby practitioners in a wheelchair. However, the sedentary group (SG) consisted of four individuals with incomplete cervical spinal cord injury (30.8 ± 5.3 years, 173.4 ± 10.1 cm, 69.7 ± 7.1 kg; BMI of 23, 5 ± 2.9 kg / m²) who did not practice any type of exercise. All subjects were monitored at rest in the sitting posture by electrocardiogram (ECG) and the analysis of heart rate variability was calculated using algorithms based on MATLAB, from the extraction of RR intervals for 10 minutes of continuous recording. **Results:** The control group (CG) had significantly higher values in RR intervals, the ratio of adjacent RR intervals over 50 ms (pNN50), the number of interval differences of successive NN intervals greater than 50 ms (NN50), the root mean square of successive differences (RMSSD) and high frequency (HF) spectral power in comparison with EG and SG. On the other hand, the RR interval (SDNN) was significantly lower in the control group (CG). Moreover, by effect size statistics (ES) observed a tendency to reduce the LF standard in SG group when compared to the EG group. **Conclusion:** The practice of physical exercise seems to promote autonomic adjustments in patients with cervical spinal cord injuries incomplete rugby practitioners in a wheelchair.

Keywords: cardiac autonomic system, exercise, cervical spinal cord injury.

LISTA DE ABREVIACÕES

• TRM	Trauma raquimedular
• C	Vértebra cervical
• C1	Primeira vértebra cervical
• C2	Segunda vértebra cervical
• C5	Terceira vértebra cervical
• C6	Sexta vértebra cervical
• C7	Sétima vértebra cervical
• C8	Oitava vértebra cervical
• T	Vértebra torácica
• T1	Primeira vértebra torácica
• T4	Quarta vértebra torácica
• T6	Sexta vértebra torácica
• T10	Décima vértebra torácica
• T12	Décima segunda vertebra torácica
• S	Vértebra sacral
• S4	Quarta vértebra sacral
• S5	Quinta vértebra sacral
• VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
• FC_{máx}	Frequência cardíaca máxima
• RCR	Rugby em cadeira de rodas
• PA	Pressão Arterial
• SNA	Sistema Nervoso Autônomo
• FC	Frequência Cardíaca
• NS	Nódulo sinusal
• AV	Atrioventricular
• DCV	Doença cardiovascular
• mmHg	Milímetro de mercúrio
• LM	Lesão medular
• SNC	Sistema Nervoso Central
• R-R	Batimentos cardíacos consecutivos
• FFT	Método da transformada rápida de Fourier
• SDNN	Desvio padrão da média dos intervalos RR
• Rmssd	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes
• pNN50	Percentual dos intervalos RR normais que diferem mais de 50 ms de seu adjacente
• ECG	Eletrocardiograma
• QRS	Complexo QRS
• ES	Tamanho do efeito
• HF	Componente de alta frequência

- **LF** Componente de baixa frequência
- **VLf** Componentes de muito baixa frequência
- **ULF** Ultrabaixa frequência

Sumário

Capítulo 1. Introdução	1
1.1 Traumatismo raquimedular (TRM)	1
1.1.2 Definição e epidemiologia	1
1.2 Sistema autonômico cardíaco	4
1.2.1 Disfunção autonômica cardíaca	7
1.3 Variabilidade da frequência cardíaca	9
1.4 Esportes e tetraplegia	11
1.4.1 <i>Rugby</i> em cadeira de rodas	12
1.5 Justificativa	16
1.6 Hipóteses	16
1.7 Objetivos	16
1.7.1 Geral/Primário	16
1.7.2 Específicos/Secundários	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	17
Capítulo 2. Métodos	22
2.1 Delineamento do estudo	22
2.2 Amostra	22
2.3- Critérios de inclusão e exclusão	23
2.4 Rotina de treinamento	24
1º exercício - Passe simples a três metros (PS3):	25
2º exercício- Passe simples a seis metros (PS6):	25
3º exercício- Linha de passes (LP):	26
4º exercício- Precisão e recepção (PR):	27
2.5 Análises da variabilidade da frequência cardíaca (VFC)	28
2.6 Análises estatísticas dos dados	29
2.7 Aspectos éticos	29
Capítulo 3. Resultados/Artigo	31
Capítulo 4 Considerações Finais	50
Apêndice 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido	50
Apêndice 2 – Ficha de avaliação dos participantes	51
Apêndice 3 – Ficha de avaliação dos participantes	51

Capítulo 1. Introdução

1.1 Traumatismo raquimedular (TRM)

1.1.2 Definição e epidemiologia

A coluna vertebral constitui um importante eixo de conexão anatômica e funcional entre o sistema nervoso central e o sistema nervoso periférico, é formado por trinta e três ou trinta e quatro vértebras 07 Cervicais, 12 Torácicas, 05 Lombares, 05 Sacrais e 04 ou 05 Coccígeas que são ossificadas entre si, constituindo, respectivamente, o osso sacro - que apresenta forma triangular; e o osso cóccix - com formato irregular. (Figura 1). O tamanho dos corpos vertebrais aumenta progressivamente da região superior para região inferior, o que demonstra uma adaptação às cargas impostas à coluna ao longo do seu eixo de modo a conferir mobilidade, estabilidade postural, proteção à medula espinhal e as raízes nervosas (DEFINO 1999).

A medula espinhal estende-se desde a altura da primeira vértebra cervical até a primeira ou segunda vértebra lombar e é conectado entre si pelas articulações posteriores entre os corpos vertebrais e os arcos neurais com características singulares em cada região (NETTER, 2000; SOBOTTA, 2001). A medula espinhal é uma porção alongada do sistema nervoso central que conduz e propaga os impulsos dos neurônios motores, sensitivos e eferentes autônomos (MACHADO & HAERTEL, 2013). Trinta e um pares de nervos espinhais originam-se da medula espinhal (08 cervicais, 12 torácicos, 05 lombares, 05 sacrais e 01 coccígeo). O primeiro par de nervos espinhais está localizado entre o occipital e a primeira vértebra cervical (atlas-C1), de modo que emerge cranialmente, junto a sua vértebra correspondente (NETTER, 2000; SOBOTTA, 2001). Somente a partir do primeiro segmento torácico, o nervo espinhal emerge caudal à sua vértebra correspondente. Cada raiz nervosa recebe informações sensitivas de áreas cutâneas e, similarmente, cada raiz nervosa inerva um grupo muscular (NETO *et al.*, 2013; TEDESCO *et al.*, 2012). Entretanto, a localização do segmento medular não está na mesma altura do segmento ósseo correspondente ao longo da

coluna vertebral, como exemplo, o segmento medular C8 que se localiza no nível entre C6-C7 e o segmento medular T12 no nível de T10 (DEFINO, 1999) (Figura 1).

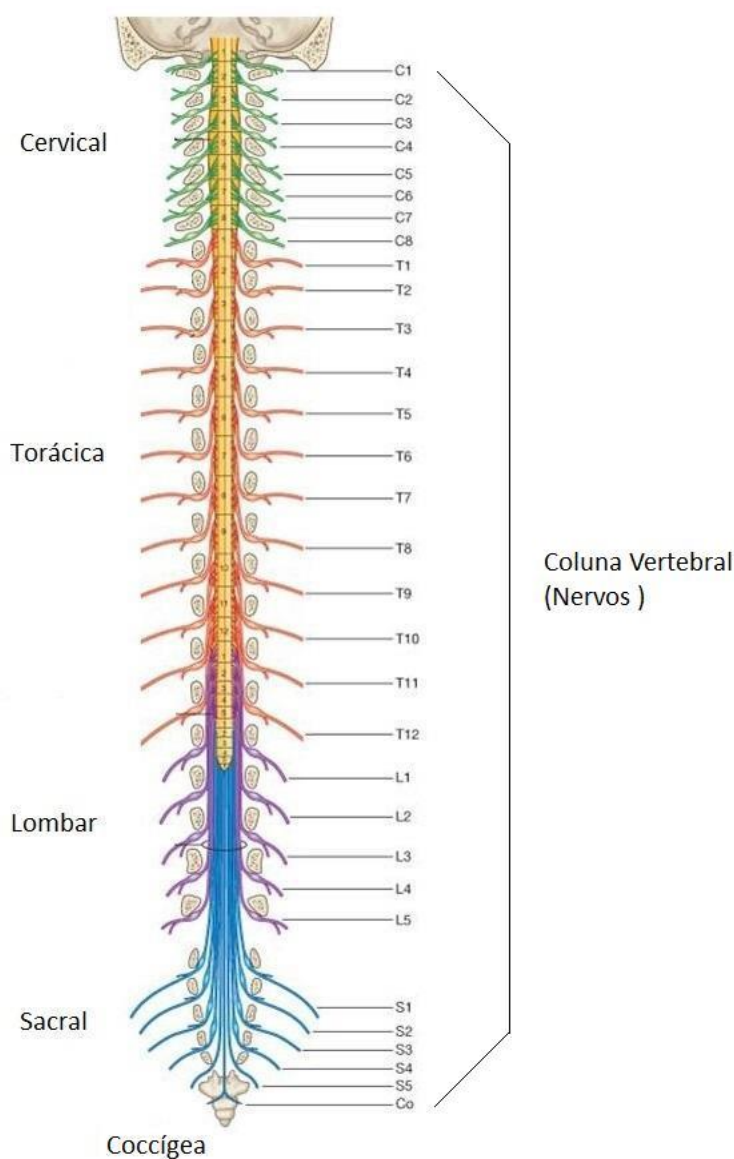


Figura 1. Estruturas ósseas e medulares do sistema nervoso central e periférico. Fonte adaptada (GUYTON & HALL, 2002).

O TRM é uma lesão medular que pode ocorrer em qualquer um dos segmentos da coluna vertebral, incluir ou não, raízes nervosas e provocar alterações fisiológicas sensitivas e motoras irreversíveis no indivíduo. As intervenções pós-trauma devem ser rápidas e objetivas, para estabilizar e minimizar os danos (BOEIRA *et al.*, 2012; MENDONÇA, *et al.*, 2014). A localização anatômica da lesão está diretamente relacionada ao mecanismo do

trauma, à transferência de energia cinética para a medula espinhal, ao rompimento dos axônios, à lesão das células nervosas e à rotura dos vasos sanguíneos (NETO, *et al.*, 2013). É sabido que cerca de 2/3 das lesões medulares são mais comuns no segmento cervical, porém 10% de novos casos estão relacionados a lesões da medula na região torácica e 4% do total de acometem a região toraco-lombar (DEFINO, 1999). Aproximadamente 65% dos indivíduos que sofrem TRM apresentam idade inferior a 35 anos, sendo a maior incidência entre os jovens de 20 e 24 anos de idade (SILVA & NASCIMENTO, 2007). Dados de 2010 mostraram que a maior frequência de lesões medulares está relacionada com a tetraplegia incompleta (45%), seguido da paraplegia incompleta (21%), paraplegia total (20%) e tetraplegia completa (14%) (Centro estatístico de Lesões da medula espinhal 2015). No Brasil, aproximadamente 11.300 pessoas ficam paraplégicas ou tetraplégicas por ano, sendo indivíduos do gênero masculino a classe mais acometida por este tipo de lesão na proporção de 4:1 (DEFINO, 1999; DOURADO *et al.*, 2011). Dentre as causas mais frequentes de TRM estão os acidentes automobilísticos, mergulhos de água rasa, ferimentos por arma de fogo e quedas da própria altura (MUDO *et al.*, 2010; TEDESCO *et al.*, 2012; MARINO *et al.*, 2007). Estima-se que 40% dos pacientes que sofrem TRM morrem nas 24 horas após o acidente por comprometimentos do sistema cardíaco e respiratório relacionados à disfunção autonômica (DUARTE *et al.*, 2011).

O TRM pode ser classificado de acordo com o comprometimento sensório-motor. O TRM é considerado completo ou total, quando a medula espinhal é completamente seccionada promovendo ausência da função sensitiva e/ou motora abaixo do nível da lesão. O TRM é considerado incompleto ou parcial, quando a medula espinhal é parcialmente lesionada sendo constatada presença da função sensitiva e/ou motora abaixo do nível da lesão (GONÇALVES & ANDRADE, 2007). A classificação funcional está relacionada ao nível da lesão. Denomina-se tetraplegia as lesões medulares que ocorrem na coluna cervical (entre C2 e C8) e se referem à paralisia parcial ou completa dos músculos tronco, dos músculos respiratórios e dos quatro membros (SILVA & NASCIMENTO, 2007). Contudo, a paraplegia caracteriza-se por lesões em níveis torácicos, lombares ou sacrais (entre T1 e S4-5) que contribuem com a paralisia parcial ou completa dos membros inferiores e do tronco (DEFINO, 1999).

Indivíduos com lesão medular cervical incompleta pós-trauma apresentam comumente comprometimentos fisiológicos do sistema urinário, intestinal, respiratório, cardíaco, circulatório, sexual e reprodutor (GONÇALVES & ANDRADE, 2007; WEST *et al.*, 2013; TAKAMI *et al.*, 2012). De uma maneira geral, a lesão medular cervical promove alterações fisiológicas que limitam a realização de atividades da vida diária o que contribui com desenvolvimento de espasticidade, atrofia muscular, mudanças metabólicas, hormonais e neuromusculares, redução da capacidade respiratória, da circulação sanguínea e disfunções do sistema nervoso autônomo (SILVA & NASCIMENTO, 2007).

1.2 Sistema autonômico cardíaco

A homeostase do sistema cardiovascular é realizada por eficientes mecanismos de controle e de retroalimentação que buscam manter a pressão arterial (PA) média e o volume venoso central dentro de uma faixa relativamente estreita de variações. Este mecanismo está relacionado à regulação da frequência cardíaca (FC) e do tônus vascular a partir da modulação do sistema nervoso autônomo (SNA) (ZUTTIN *et al.*, 2008). A modulação autonômica cardíaca é regulada através do equilíbrio entre o sistema nervoso parassimpático e simpático com a responsabilidade de controlar de forma involuntária FC e a PA sistêmica (SAMPAIO *et al.*, 2012; NEMER *et al.*, 2012). Respostas reflexas permitem ajustes do débito cardíaco e da resistência vascular periférica, contribuindo para a regulação e manutenção da PA sistêmica e da FC durante diferentes situações fisiológicas (WILMORE *et al.*, 2010).

O Sistema nervoso parassimpático é um dos ramos do SNA que tem origem central no bulbo, localizado no tronco encefálico e estendem-se pelo núcleo motor dorsal do nervo vago e no núcleo ambíguo que emite impulsos eferentes ao coração através do nervo vago (POPA *et al.*, 2010) (Figura 4). Estes impulsos atingem os nódulos sinusal e atrioventricular contribuindo com a hiperpolarização das células de condução e redução da frequência cardíaca (DOUGLAS, 2002). As fibras nervosas parassimpáticas secretam acetilcolina (neurotransmissor sintetizado nos terminais axonais composto por éster do ácido acético e da colina) cuja ação é medida pelos receptores muscarínicos, no coração, que atuam como um regulador da frequência cardíaca de repouso em um ritmo homeostático (GUYTON & HALL, 2002; ZIPES & SHEN, 2014).

Antagonicamente, os ramos simpáticos são originários do bulbo localizado no tronco encefálico e estendem-se preferencialmente na coluna intermédio lateral da medula espinhal em seus segmentos torácicos e lombares altos (SHEN & ZIPES, 2014). A inervação dos ramos simpáticos ao coração propaga-se em nível torácico a partir de T1 a T4 (Figura 4) e contribui com o aumento da velocidade, frequência e condução dos impulsos nervosos e da força de contração ventricular (ZIPES & SHEN, 2014; AIRES, 2012).

A despolarização cardíaca está relacionada com a abertura de canais sódio nos miócitos cardíacos. Os níveis de concentração de sódio são maiores no meio extracelular do que intracelular, e o interior da célula é eletricamente mais negativo em relação ao exterior, esta diferença entre os níveis de concentração impulsiona os íons de sódio para o interior da célula gerando potencial elétrico para contração muscular (AIRES, 2012). A repolarização ocorre logo após a despolarização, devido à ativação de canais de potássio para fora da membrana. Esta reação química ocorre devido ao interior da célula estar positivamente carregado e a concentração interna exceder a sua concentração externa, consequentemente, durante a saída de potássio através da membrana a célula é brevemente repolarizada levando o miocárdio a um estado de repouso (AIRES, 2012).

O sistema de condução do ritmo cardíaco tem início no nódulo sinusal (NS), que se despolariza através de um potencial de ação gerado de maneira espontânea. Esse potencial de ação se dissemina através do trato internodal no átrio direito e, sequencialmente se propaga até o átrio esquerdo através do feixe de Bachman promovendo a despolarização atrial. A propagação de impulso elétrico atinge o nódulo atrioventricular (AV), em que a onda é conduzida pelo feixe de His, no septo interventricular, até chegar às fibras de Purkinje contribuindo com a despolarização ventricular (BERNE & LEVY, 2000; FELDMAN & GOLDWASSER, 2004).

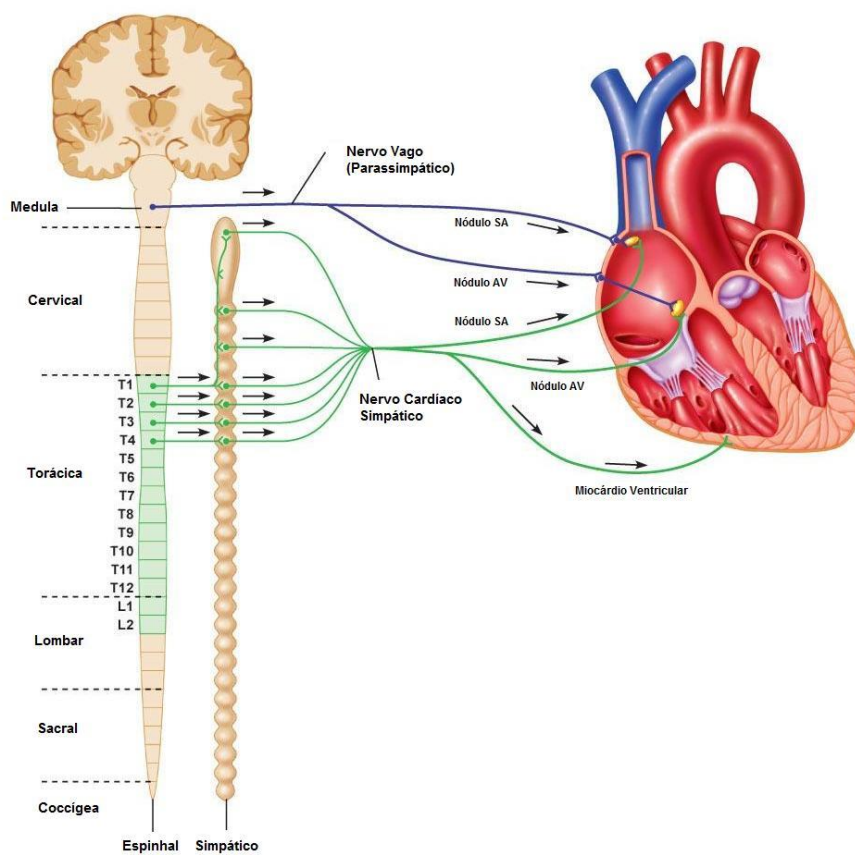


Figura 4. Ramos simpático e parassimpático do SNA. Fonte adaptada (GUYTON & HALL, 2002).

O SNA tem capacidade de se modular de acordo com a demanda necessária para realizar atividades específicas. Durante a prática de exercício físico dois mecanismos são fundamentais para que a ação seja executada (IELLAMO, 2001):

- 1- Mecanismo central: representa a atividade dos centros encefálicos (sistema autonômico cardíaco) que, concomitantemente, estabelece alterações nas atividades eferentes simpáticas e parassimpáticas durante a realização de exercícios físicos. A integração central funciona como um agente regulador do comportamento da PA, batimento a batimento cardíaco, mantendo a PA dentro de um determinado limite de variação, bem como exercendo interações na flutuação do tônus vasomotor.

- 2- Mecanismo periférico: através da ação reflexa de fibras aferentes musculares (mecanorreceptores e quimiorreceptores) que informam as alterações periféricas ao centro de controle cardiovascular localizado no bulbo cerebral, proporcionando estímulos específicos de acordo com a intensidade do esforço;

Os elementos neurais da medula espinhal quando lesionados podem resultar em disfunções do sistema nervoso autônomo cardíaco devido à interrupção da condução de impulsos nervosos sensitivos e motores entre o sistema nervoso central e a periferia corporal. (GONÇALVES & ANDRADE, 2007; PAOLILLO *et al.*, 2005).

1.2.1 Disfunção autonômica cardíaca

A disfunção autonômica ocorre pela perda de sincronismo entre os ramos simpáticos e parassimpáticos que contribui com o desequilíbrio da homeostase cardíaca (RIVA *et al.*, 2012; ANGELIS *et al.*, 2004). A doença cardiovascular (DCV) é a principal causa de morbidade e mortalidade em indivíduos após a lesão medular (LM), superando as complicações renais e pulmonares (MORENO *et al.*, 2013; WECHT *et al.*, 2011). A disfunção autonômica cardíaca pode aparecer de forma aguda ou crônica, ser reversível ou não, e corresponder à disfunção de um ou dos dois ramos do sistema nervoso autônomo. O grau de comprometimento da função cardiovascular está relacionado ao nível neurológico da lesão medular (ROSA *et al.*, 2013). A regulação cardiovascular é comprometida significativamente a partir de lesões medulares acima da sexta vértebra torácica (T6) associada ao comprometimento do controle supra espinhal do sistema nervoso simpático (CARVALHO & CLIQUET, 2005). O sistema nervoso autônomo parassimpático eferente permanece preservado após lesão medular uma vez que surge a partir do tronco cerebral e não passa pelo canal medular até chegar ao coração (WECHT, *et al.*, 2011). O comprometimento dos ramos simpáticos pode promover disfunções fisiológicas como (KRASSIOUKOV *et al.*, 2007) :

1. **Choque neurogênico:** é a redução do tônus vasomotor normal decorrente de algum tipo de lesão medular. Esta disfunção pode durar até cinco semanas pós-lesão sendo caracterizada por bradicardiaca e hipotensão arterial prolongada e grave (KRASSIOUKOV *et al.*, 2007).
2. **Disreflexia autonômica:** é uma hiperatividade do sistema nervoso simpático resultante de vários estímulos nocivos abaixo do nível da lesão (igual ou superior à T6). Este estado promove crises repentinas de hipertensão desencadeadas por estímulos aferentes abaixo do nível da lesão podem ser sintomático ou não e ser acompanhado de piloereção, tremores, cefálea, parestesia, rubor e sudorese acima nível da lesão, acompanhado de congestão nasal, ansiedade, mal-estar, e náusea (ANDRADE *et al.*, 2013).
3. **Desequilíbrio na temperatura corporal:** O hipotálamo controla a temperatura corporal através dos termorreceptores periféricos que se projetam através da medula espinhal até o Sistema Nervoso Central (SNC). Indivíduos com lesões medulares acima da vertebra T6 apresentam disfunção térmica grave com variação da temperatura central, isto ocorre devido a um comprometimento no controle descendente hipotalâmico simpático que impede a sudação e vasodilatação cutânea, provocando aquecimento da temperatura corporal (ROQUE, *et al.*, 2013).
4. **Hipotensão ortostática:** Indivíduos com lesão medular cervical e incompleta apresentam reflexos autonômicos alterados devido comprometimento dos ramos simpáticos em níveis supra espinhais (KRASSIOUKOV *et al.*, 2009). A pressão cai progressivamente quando o indivíduo passa da posição deitada para a sentada ou em pé (queda significativa de 20 mmHg ou mais na pressão sistólica e/ou 10mmHg na pressão arterial diastólica) independente de ser sintomático ou não. A gravidade faz com que o sangue fique acumulado nos membros inferiores e vísceras durante a troca de posição (TISSINARI *et al.*, 2011).

O comprometimento das raízes nervosas em nível cervical promove significativo desequilíbrio simpato-vagal pela preservação do nervo vago e redução do tônus simpático (KRASSIOUKOV *et al.*, 2007). Além disso, este nível de lesão caracteriza-se pelo estado de

hipotensão arterial e bradicardia e, conseqüentemente, interfere negativamente nas respostas cardiovasculares durante o desempenho físico por promover suporte insuficiente para o metabolismo aeróbio (DALLMEIJER *et al.*, 1996; WEST *et al.*, 2013).

A avaliação da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) vem sendo utilizada como uma ferramenta de análise da medida indireta da modulação autonômica. Este é um método de avaliação não invasivo do coração, que permite investigar como as condições clínicas afetam a modulação autonômica cardíaca (GUEDES *et al.*, 2005; SAMPAIO *et al.*, 2012; JUNIOR & BARBOSA, 2011).

1.3 Variabilidade da frequência cardíaca

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é determinada pelas oscilações do intervalo de tempo de uma série de batimentos cardíacos consecutivos R-R (Figura 5), a variação do intervalo de tempo momento a momento entre dois batimentos cardíacos consecutivos reflete mudanças no equilíbrio simpato-vagal (GOLDBERGER *et al.*, 2006; TASK FORCE, 1996). As análises da VFC são realizadas através do domínio de tempo e domínio de frequência. No domínio de frequência a análise é realizada através da potência espectral dos intervalos de R-R em componentes oscilatórios. Isto ocorre devido aos diferentes formatos de ondas sinusoidais de diferentes amplitudes, frequências e fases. O método da transformada rápida de Fourier (FFT) é utilizado para calcular a potência espectral da VFC e decompor os sinais das bandas de frequências. No domínio de tempo, a análise da VFC utiliza métodos estatísticos para calcular índices estatísticos da série temporal de sucessivos intervalos RR normais, tais como (TASK FORCE, 1996):

- a- SDNN (desvio padrão da média dos intervalos RR); coeficiente de variação;
- b- RMSSD (raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado).
- c- pNN50 (percentual dos intervalos RR normais que diferem mais de 50 ms de seu adjacente).

Os índices rMSSD e pNN50 refletem a ação modulatória do ramo parassimpático sobre o SNA, enquanto o SDNN reflete a atividade de ambos, simpático e parassimpático (GOLDBERGER *et al.*, 2006; TASK FORCE, 1996).

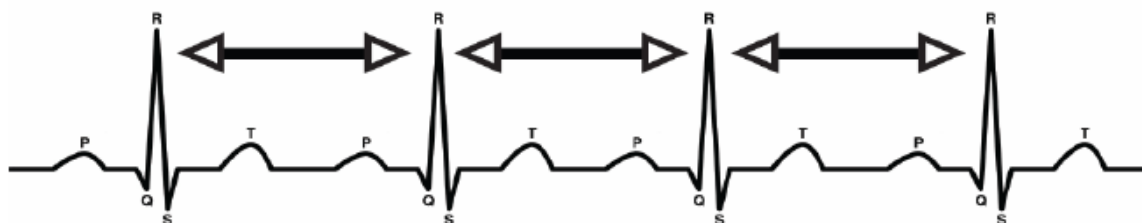


Figura 5. Representação esquemática da medição dos intervalos RR no ECG: Fonte Adaptada (MAIOR, 2010).

Os índices das medidas do domínio de frequência são obtidos através de um registro contínuo de eletrocardiograma (ECG) a partir do qual se determina a dispersão da duração dos intervalos entre o complexo QRS normais (ROSA *et al.*, 2013). A decomposição do sinal espectral é separada em bandas de frequência com as seguintes nomenclaturas:

- a- Componente de alta frequência (*High Frequency* - HF), com variação de 0,15 a 0,4Hz, que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração;
- b- Componente de baixa frequência (*Low Frequency* - LF), com variação entre 0,04 e 0,15Hz, que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático;
- c- Componentes de muito baixa frequência (*Very Low Frequency* - VLF) e ultrabaixa frequência (*Ultra Low Frequency* - ULF) - parecem estar relacionados ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, à termorregulação e ao tônus vasomotor periférico (GODOY *et al.*, 2009).

As bandas de alta e baixa frequência são potências que fornecem um indicador para avaliar o complexo de interação entre as atividades reguladoras neurais e algumas variabilidades cardiovasculares (ROSA *et al.*, 2013). Uma alta variabilidade na frequência cardíaca é sinal de equilíbrio simpato-vagal e de boa adaptação cardiovascular frente a estímulos extrínsecos e intrínsecos, caracterizando um indivíduo saudável, com mecanismos autonômicos eficientes, enquanto que, baixa variabilidade é frequentemente um indicador de adaptação anormal e insuficiente do sistema nervoso autônomo. A redução da VFC pode estar associada à disfunção autonômica, implicando em riscos de eventos cardíacos como arritmias ventriculares e morte súbita (CASTIGLIONI *et al.*, 2006; ZUTTIN *et al.*, 2008).

1.4 Esportes e Tetraplegia

Indivíduos com algum tipo de deficiência encontram no esporte a motivação necessária para interagir com a sociedade e desenvolver um senso de responsabilidade política (BARIAN *et al.*, 2003). Entretanto, os indivíduos com TRM sedentários apresentam limitações no estado de saúde de uma maneira geral quando comparados aos indivíduos com TRM que realizam exercícios regulares. Em geral os sedentários apresentam menor força muscular e aptidão cardiorrespiratória, levando a um ciclo debilitante onde complicações médicas secundárias tendem a se tornar rotineiras (GLASER *et al.*, 1989; SILVA & NASCIMENTO, 2007). Por outro lado, os indivíduos que praticam esportes apresentam maior vitalidade e independência funcional na realização das atividades de vida diária, tais como (DOURADO *et al.*, 2011):

- a) Mobilidade ao empurrar a cadeira de rodas manualmente;
- b) Redução da ansiedade, solidão e depressão;
- c) Menor risco de desenvolvimento de infecções do trato urinário, úlceras de pressão e doenças respiratórias.

O esporte adaptado comporta-se como um agente facilitador no processo de reabilitação como método de terapia complementar (MORENO *et al.*, 2013; BRAZUNA & CASTRO, 2001). Assim, têm sido visto que atletas tetraplégicos apresentam melhora do condicionamento cardiorrespiratório, aumento do tônus muscular, aprimoramento da resistência à fadiga e maior mobilidade do aparelho locomotor (DOURADO *et al.*, 2011;

HOUNKER *et al.*, 1998). As habilidades esportivas e a resposta neuromuscular após o trauma dependem diretamente do nível e extensão da lesão medular. O nível de comprometimento funcional irá determinar quais atividades físicas poderão ser realizadas (TAKAMI *et al.*, 2012). Desta forma, o esporte adaptado permite que o comprometimento neuromotor e a capacidade física de cada indivíduo sejam respeitados individualmente a partir de uma classificação funcional. Dentre as modalidades esportivas que indivíduos com TRM participam podemos destacar (IPC, 2014):

- a) Basquete em cadeira de rodas;
- b) Tênis em cadeira de rodas;
- c) Esgrima em cadeira de rodas;
- d) Tiro com arco com a cadeira de rodas;
- e) Tênis de mesa em cadeira de rodas;
- f) Vôlei sentado;
- g) Tiro esportivo;
- h) Bocha;
- i) Paratriatlo;
- j) *Rugby* em cadeira de rodas.

O *rugby* em cadeira de rodas apresenta características intermitentes que exigem estratégias pré-definidas aliado a um bom condicionamento cardiorrespiratório. As limitações fisiológicas apresentadas pelos praticantes da modalidade refletem diretamente em sua função em quadra, os atletas necessitam de força, velocidade e potência para conduzir a cadeira de rodas em direções diferentes, além de precisão para driblar e passar a bola ao companheiro (CAMPANA *et al.*, 2011).

1.4.1 *Rugby* em Cadeira de Rodas

O *Rugby* em cadeira de rodas (RCR) é uma modalidade esportiva Paralímpica praticada por indivíduos tetraplégicos, com quadro de tetra-equivalência, com alguns tipos de paralisia cerebral, com sequelas de poliomielite, com má-formação congênita e outras limitações que comprometam o funcionamento motor (IWRF, 2015). Atualmente existem 26 países filiados à federação internacional de RCR (IWRF, 2015). O RCR surgiu em 1977 na

cidade de Winnipeg, no Canadá, como uma alternativa para pessoas com alto grau de comprometimento motor e que levavam grande desvantagem na prática do basquete em cadeira de rodas (GORLA *et al.*, 2013). O primeiro Campeonato Internacional de RCR foi disputado 1995 na cidade de Notwil na Suíça e contou com oito equipes. Em 1996, o RCR foi incluído como modalidade de demonstração nas Paraolimpíadas de Atlanta e somente nos Jogos Paraolímpicos de Atenas, em 2004, estreou como modalidade esportiva oficial (IWRF, 2015).

A classificação funcional pode variar em sete classes esportivas em uma escala de 0,5 a 3,5 pontos de acordo com o comprometimento funcional de cada jogador (Tabela 1). As classes mais altas (3.0 e 3.5 pontos) destinam-se aos atletas que tenham maior função em quadra e apresentam menor comprometimento funcional, enquanto as classes mais baixas destinam-se a aqueles com menor função em quadra (0.5 a 1.5 pontos) e apresentam maior comprometimento funcional. As partidas são realizadas com duas equipes distintas com quatro jogadores de cada lado da quadra e até oito suplentes no banco de reservas. O somatório dos pontos da classificação funcional de cada atleta da equipe não pode ultrapassar oito durante o jogo.

Classificação	Pontuação	
Classe Esportiva	0.5	Baixa
Classe Esportiva	1.0	Baixa
Classe Esportiva	1.5	Baixa
Classe Esportiva	2.0	Média
Classe Esportiva	2.5	Média
Classe Esportiva	3.0	Alta
Classe Esportiva	3.5	Alta

Tabela 1. Classificação Esportiva.

A bola de jogo é de cor branca com as seguintes características: medida entre 65 e 67 cm de diâmetro; peso entre 260 e 280 g e calibração de 7,5 libras de pressão. Caso não tenha esse padrão é permitido jogar com a bola oficial de voleibol, porém com a cor branca e calibragem de 7,5 libras de pressão (IWRF, 2015). As cadeiras de rodas são específicas e adaptadas para oferecer maior segurança e desempenho ao atleta, podendo ser de dois tipos (Figura 2):

- a- Cadeira de rodas adaptada para atacantes: formato arredondado na frente para permitir maior mobilidade em quadra;
- b- Cadeira de rodas adaptada para defesa: com grade na frente para bloquear os adversários.

Itens como luvas, faixas ou cintos fixadores na cadeira são utilizados como acessórios de proteção para os atletas (IWRF, 2015).

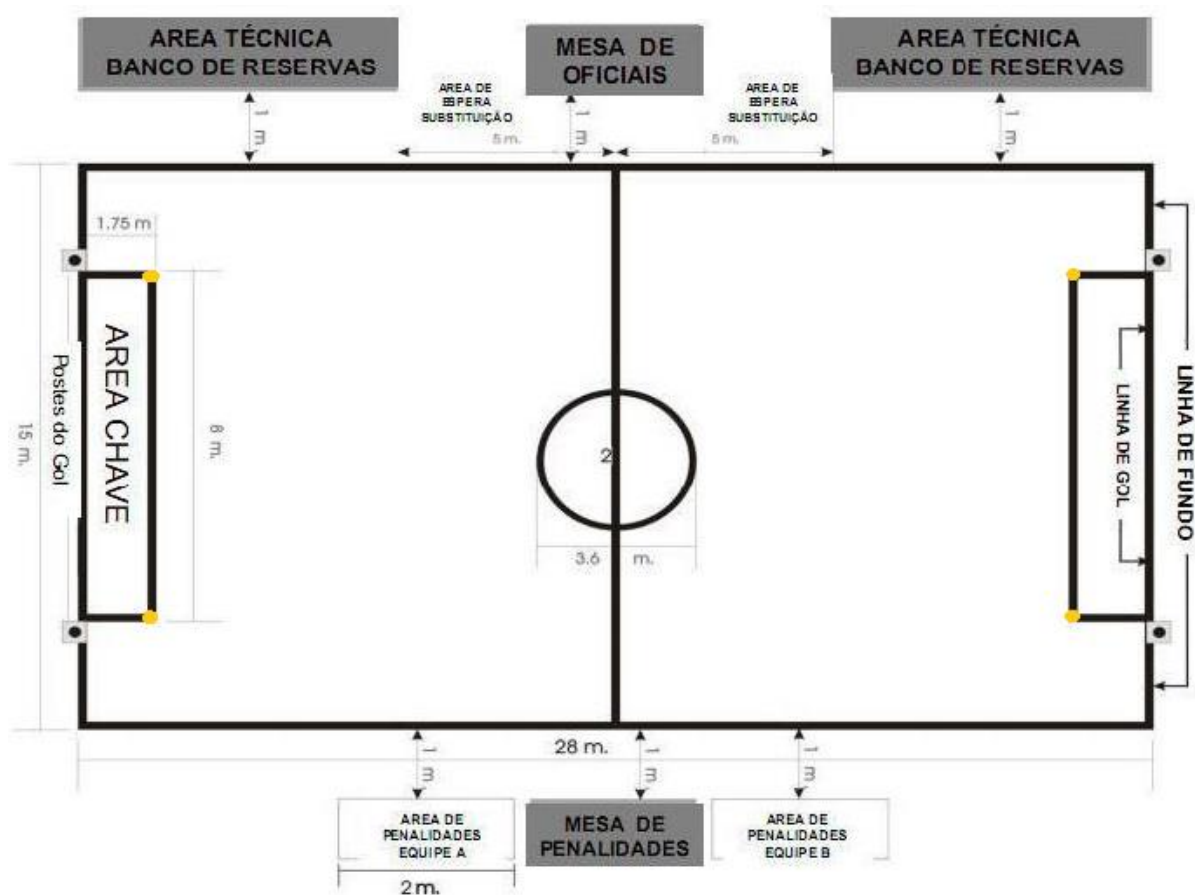


Figura 2. Cadeira de rodas adaptada ao *Rugby*. Fonte adaptada (ABRC, 2011).

O tempo de jogo é dividido em quatro períodos de oito minutos, sendo que cada vez que o jogo é paralisado seja por uma eventual falta, pela bola ter saído da quadra ou por ter sido marcado um gol, o cronômetro regressivo também é paralisado. A bola pode ser driblada ou passada em qualquer direção, porém, pode ser conduzida por no máximo dez segundos. A

área de pontuação é demarcada por dois cones com oito metros de distância entre eles (IWRF, 2015).

O jogo é realizado em uma quadra com piso rígido com as mesmas medidas oficiais do jogo de basquete (15 metros de largura por 28 metros de comprimento) (Figura 3). A quadra é marcada pelas linhas de fundo, lateral, central, círculo central, e duas áreas chaves (um tipo de “grande área”) localizada a frente das linhas de gol (Figura 3). A pontuação ou gol é conseguido quando o atleta passa com pelo menos duas rodas da cadeira pela linha de fundo no espaço delimitado entre os cones, sem tocá-los, tendo domínio sobre a bola (IWRF, 2015).



Fonte: Associação Brasileira de Rugby em Cadeira de Rodas (ABRC) 2011

Figura 3. Quadra do Rugby em Cadeira de Rodas

1.5 Justificativa

Sabe-se que o indivíduo tetraplégico apresenta disfunção autonômica cardíaca referente ao nível da lesão, conseqüentemente, ocorre à diminuição da frequência cardíaca e da pressão arterial que reduz o aporte sanguíneo para musculatura ativa. Este fato contribui com o quadro de fadiga precoce aos músculos e/ou grupos musculares recrutados. Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito fisiológico do exercício físico sobre a modulação autonômica cardíaca e seus benefícios em indivíduos paraplégicos e tetraplégicos.

1.6 Hipóteses

O presente estudo hipotetiza que o volume e a intensidade impostos pela rotina de treinamento físico em indivíduos com lesão medular alta e incompleta podem provocar mudanças na modulação autonômica cardíaca.

1.7 Objetivos

1.7.1 Geral/Primário

O objetivo do presente estudo foi investigar e comparar o perfil da modulação autonômica cardíaca em praticantes de *rugby* em cadeira de rodas e sujeitos sedentários com lesão medular alta e incompleta.

1.7.2 Específicos/Secundários

- Investigar a modulação autonômica de indivíduos sem lesão medular e comparar com indivíduos praticantes ou não de RCR com lesão medular alta e incompleta.
- Caracterizar a modulação autonômica cardíaca em repouso de indivíduos com lesão medular alta e incompleta não praticantes e praticantes de RCR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRES; M, M. **Fisiologia**. 4a ed. Guanabara Koogan, 2012.
- ANDRADE; T, A. ARAUJO; G, E. ANDRADE; P, R, K. SOUZA, P, R, D. GARCIA; R, T. CHIANCA; M, C, T. **Disreflexia autonômica e intervenções de enfermagem para pacientes com lesão medular**. *Rev. esc. enferm. USP* [online]. 2013, vol.47, n.1, pp. 93-100
- ANGELIS; K. SANTOS; B, S, M. IRIGOVN; C, M. **Sistema Nervoso Autônomo e doenças cardiovascular**. Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul - Ano XIII nº 03 Set/Out/Nov/Dez 2004
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RUGBI EM CADEIRA DE RODAS – ABRC. Disponível em <www.rugbiabrc.org.br>. Acesso em 05/09/2014.
- BARIAN; S, H, S. BOAS; S, V. BIM; R, H. **Aspectos Motivacionais e benefícios da pratica do basquete sobre rodas**. Maringá, v. 14, n. 2, p. 7-11, 2. sem. 2003
- BERNE, R. B, LEVY, M. N. Tratado De Fisiologia Humana. 4 Ed. Rj. Guanabara Koogan, 2000.
- BOEIRA; S, S. SANTOS; T, S, C, GUIMARÃES R, M. **Epidemiologia do trauma raquimedular em emergências publicas no município do rio de janeiro**. Esc Anna Nery (impr.)2012 out - dez; 16 (4):747 – 753
- BRAZUMA; R, M. CASTRO; M, E. **A Trajetória do Atleta Portador de Deficiência Física no Esporte Adaptado de Rendimento. Uma Revisão da Literatura**. Motriz Jul-Dez 2001, Vol. 7, n.2, pp. 115-123
- CAMPANA; B, M. et al. **O Rugby em Cadeira de Rodas: aspectos técnicos e táticos e diretrizes para seu desenvolvimento**. Motriz, Rio Claro, v.17, n.4, p.748-757, out./dez. 2011.
- CASTIGLIONI; P. VEICSTEINAS; A. PARATI; G. RIENZO; M. MERATI; G. **Assessment of the Autonomic Control of Heart Rate Variability in Healthy and Spinal-Cord Injured Subjects: Contribution of Different Complexity-Based Estimators**. IEEE Transactinos on biomedical engineering, vol. 53, no.1, January 2006
- CARVALHO, D. C. L.; CLIQUET, J. A. **Response of the arterial blood pressure of quadriplegic patients to treadmill gait training**. Brazilian Journal of Medical and Biological Research (2005) 38: 1367-1373
- DALLMEIJER A, J. HOPMAM, M, T. VAN AS, H, H. **Physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia; the role of sports activity**. Spinal Cord, 34: 728-735. 1996
- DEFINO, H. L. A. **Trauma raquimedular**. Medicina, Ribeirão Preto, 32: 388-400, out./dez. 1999.

DOURADO; A, C. MEDOLA; O, F. MARQUES; R. MARÇAL; F, A. JUNIOR; A, A. **O Esporte na Qualidade de Vida de Indivíduos com Lesão da Medula Espinhal: Série de Casos.** Rev Bras Med Esporte – Vol. 17, No 4 – Jul/Ago, 2011

DOUGLAS, C. R. Tratado De Fisiologia Aplicada As Ciencias Da Saude. 5 Ed. Sp. Robe Ed Belman Ed. Imp. Exp. 2002.

DUARTE; T, B. BRITO; L, M, O. CHEIN; M, B, C. MARINHO; S, C. **Avaliação epidemiológica dos pacientes vítimas de traumatismo raquimedular** Rev. Col. Bras. Cir. 2011; 38(5): 304-309

FELDMAN; J. GOLDWASSER; P, G. **Eletrocardiograma: recomendações para a sua interpretação.** Revista da SOCERJ - Out/Nov/Dez 2004

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

GOLDBERGER; I. MOSS; A. J. ZAREBA; W. **“Q T Interval: How to Measure It and whats Is “Normal”.** Journal of Cardiovascular electrophysiology 17: 333-336

GONÇALVES, S. ANDRADE, M. J. **Lesão Medular Traumática Recuperação Neurológica e Funcional.** Artigo Original Acta Med Port 2007; 20: 401-406

GORLA; J, R. PENA; L, G, S. SILVA; C, A, A. GOUVEIA; R, B. CAMPOS; L, F, C, C. FLORES; L,J,F. **Avaliação da potência aeróbia de praticantes de Rugby em Cadeira de Rodas através de um teste de quadra.** Motriz, Rio Claro, v.19 n.2, p.368-377, abr./jun. 2013.

GUEDES; D, P. BRUNETTO; F, A. ROSEGUINI; T, B. SILVA; M, B. HIRAI; D, M. **Respostas autonômicas cardíacas a manobra de tilt em adolescentes obesos** Rev Assoc Med Bras 2005; 51(5): 256-60

GUYTON, A.C., HALL, J.E Tratado De Fisiologia Médica 10. Ed. Rj . Guanabara Koogan, 2002

GLASER; M, R. et al. **Chapter One: The Physiology of Exercise.** RRDS Physical Fitness: A Guide for Individuals with Spinal Cord Injury.

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

IELLAMO; F. **Neural mechanisms of cardiovascular regulation during exercise.** Autonomic Neuroscience, v. 90, n. 1-2, p. 66-75, Jul 2001.

INTERNATIONAL WHEELCHAIR RUGBY FEDERATION – IWRF. CLASSIFICATION MANUAL 3rd. Edition Revised 2015 Disponível em <ftp://iwrf.com/Layperson Guide to Classification.pdf>. Acesso em 03/01/2015.

JUNIOR; B, D. BARBOSA; R, L, J. **Avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Pacientes com Lesão Medular.** Rev Neurocienc 2011;19(2):294-299

KRASSIOUKOV; V, A. KARLSSON A, K. WEST; R, C. WUERMSER; L, A. MATHIAS; C, J. MARINO; R, J. **Assessment of autonomic dysfunction following spinal cord injury: Rationale for additions to International Standards for Neurological Assessment** Journal of Rehabilitation Research & Development, Volume 44, Number 1, Pages 103–112 2007

KRASSIOUKOV; V, A. JANICE; J. WARBURTON; D, R. TEASELL; R. **A Systematic Review of the Management of Orthostatic Hypotension Following Spinal Cord Injury.** Arch Phys Med Rehabil. 2009 May ; 90(5): 876–885. doi:10.1016/j.apmr.2009.01.009.

MACHADO; A, B. HAERTEL; M, L. **Neuroanatomia Funcional.** 3ª ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

MARINO; H, C, L. et al. **Traumatismo Raque medular: caracterização em um Hospital Público.** Arq Ciênc Saúde 2007 jul-set;14(3):145-7

MAIOR; S, A. **Perfil autonômico cardíaco, eletrofisiológico, hemodinâmico e metabólico de usuários de esteroides anabólicos androgênicos.** Tese de doutorado UFRJ, 2010

MENDONÇA; E, L, A. S, L, V. COSTA; M, A, J, D. **Abordagem Propedêuticas de Enfermagem ao Paciente com trauma Raquimedular no pronto Atendimento.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 12, n. 2, p. 716-724, ago./dez. 2014

MORENO; M, A. ZAMUNE; A, R. SILVA; E. , TEODORI; R, M. CATAI; A, M. **Autonomic modulation of heart rate in paraplegic wheelchair basketball players: Linear and nonlinear analysis.** Journal of Sports Sciences, 2013 Vol. 31, No. 4, 396–404

MUDO; L, M. et al. **Epidemiological evaluation of patients with spinal cord injury treated surgically on the Hospital “Professor Carlos da Silva Lacaz”.** COLUNA/COLUMNA. 2010;9(1):58-61

NEMER; S, N. ROSA; J, L, S. FARIA, D. JUNIOR; N, A. MANOEL; F. SANCHO; G, A. CALDEIRA; B, J. **Avaliação da Função Autonômica Cardiovascular em Portadores de Lesão Medular Através dos Índices de Valsalva e da Arritmia Sinusal Respiratória.** Rev Bras Cardiol. 2012;25(2):118-125 março/abril

NETTER, F, H. **Atlas de Anatomia Humana.** 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

NETO; F, G, N. SOUZA; D, P, E. 1 ARAUJO; F, O. SOUZA; M, L, S. MUNIZ; V, M. OLIVEIRA; R, I. **Principais complicações do Traumatismo Raquimedular nos pacientes internados na unidade de neurocirurgia do Hospital de Base do Distrito Federal.** Com. Ciências Saúde. 2013; 24(4): 321-330

PAOLILLO; R, F. PAOLILLO; R, A. JÚNIOR; C, A. **Respostas cardiorrespiratórias em pacientes com traumatismo raquimedular.** Acta Ortop. Bras 13(3) - 2005

PARALYMPIC SPORTS – LIST OF IPC AND PARA SPORTS AND EVENTS
Disponível em <www.paralympic.org/sports> Acesso em 15/12/2014.

PERINI; R, V. A. **Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions.** Eur J Appl Physiol 2003; 90: 317–325.

POPA; C. POPA; F. GRIGOREAN; V, T. ONOSE; G. SANDU; A, M. POPESCU; M. **Vascular disfunctions following spinal cord injury.** J Med Life. 2010; 3(3):275-85.

WEST; R,C. KRASSIOUKOV; V, A. BELLANTONI; A. **Cardiovascular Function in Individuals with Incomplete Spinal Cord Injury: A Systematic Review.** Top Spinal Cord Inj Rehabil 2013;19(4):267–278

WECHT, J. M. et al. **Comparison of 24-hour cardiovascular and autonomic function in paraplegia, tetraplegia, and control groups: Implications for cardiovascular risk.** The Journal of Spinal Cord Medicine 2011 Vol. 34 No. 4

WILMORE; J. H. COSTILL; D. L. KENNEY; W. L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício.** Barueri. Manole, 2010.

ROQUE; V. CUNHA; I. ROCHA; A. ANDRADE; J, M. **Disfunções Autonómicas após Lesão Medular.** Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Física e de Reabilitação Vol 24 I N° 2 I Ano 21 (2013)

ROSA; J.S. MANOEL; F. SANCHO; A.G. CALDEIRA; J.B **Avaliação da função autonômica cardiovascular em portadores de lesão medular submetidos à variabilidade da frequência cardíaca.** Motricidade 2013, vol. 9, n. 2, pp. 37-49

RIVA; J, J. LEE; J, F. MILLIGAN; J, D. BAUMAN; C, A. **Autonomic dysreflexia in spinal cord injury patients: an overview.** J Can Chiropr Assoc 2012; 56(4)

SAMPAIO; L, M, N. WICHI; B, R. URTADO; B, R. DONATO; R,R. AMARAL; D, P. LEITE; S, G. **Overtraining, Variabilidade da frequência Cardíaca e Esporte:** Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, São Paulo, v.6, n.33, p.183-191. Maio/Jun. 2012. ISSN 1981-9900.

SILVA; S, L, M. NASCIMENTO; L,G. **Benefícios da Atividade Física sobre o sistema Cardiorrespiratório como também, na qualidade de vida de portadores de lesão medular: uma revisão.** Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, São Paulo, v.1, n.3, p.42-50, Mai./Jun. 2007. ISSN

SOBOTTA; J. **Atlas de Anatomia humana (Sobotta).** Rio de janeiro, Ed. Guanabara koogan. 21 ed, 2001

TAKAMI; M, P. et al. **Lesão medular: reabilitação.** Acta Fisiatr. 2012;19(2):90-8

Task Force 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*. 1996; 93:1043-1065.

TASSINARI; M. STRUHAL; W. MATHIAS; J. C. HILZ, M. CORTELLI; P. LAHRMANN; H. **Orthostatic hypotension** European Handbook of Neurological Management: Volume 1, 2nd Edition Edited by N. E. Gilhus, M. P. Barnes and M. Brainin © 2011 Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-405-18533-2

TEDESCO; S. et al. **Lesão Medular Traumática e estratégias de enfrentamento: revisão crítica** O Mundo da Saúde, São Paulo - 2012;36(2):318-326

ZIPES; P, D. SHEN; J, M. **Role of the Autonomic Nervous System in Modulating Cardiac Arrhythmias**. Downloaded from <http://circres.ahajournals.org/> by guest on August 11, 2015

ZUTTIN; R, S. MORENO, M, A. CESAR; M,C. MARTINS; L,. SILVA; E. **Avaliação da modulação autonômica da frequência cardíaca nas posturas supina e sentada de homens jovens sedentários**. Rev Bras Fisioter, São Carlos, v. 12, n. 1, p. 7-12, jan./fev. 2008

Capítulo 2. Métodos

2.1 Delineamento do estudo

O estudo teve característica transversal controlada com amostragem por acessibilidade aos indivíduos participantes do estudo.

2.2 Amostra

A amostra do estudo foi composta por 20 indivíduos do gênero masculino, divididos em três grupos distintos.

- 1) Grupo exercício (GE): o grupo foi composto por 08 indivíduos com lesão medular cervical incompleta (nível da lesão cervical C5 à C8) praticantes da modalidade RCR há pelo menos um ano, com idade média $32,3 \pm 4,5$ anos, estatura $175,1 \pm 5,3$ cm, peso $73,6 \pm 9,6$ kg; IMC de $23,8 \pm 3,6$ kg / m² e classe funcional de 0,5 a 2,5 (dois atletas 0,5; dois atletas 1,0; um atleta 2,0; três atletas 2,5).
- 2) Grupo sedentário (GS): o grupo foi composto por 04 indivíduos sedentários com lesão medular cervical incompleta (nível da lesão cervical C5 à C8) com idade média de $30,8 \pm 5,3$ anos, estatura $173,4 \pm 10,1$ cm, peso $69,7 \pm 7,1$ kg; IMC de $23,5 \pm 2,9$ kg / m² que não praticavam modalidade esportiva adaptada ou exercícios físicos.
- 3) Grupo controle (GC): o grupo foi composto por 8 indivíduos sem lesão medular com idade média $28,3 \pm 4,5$ anos; estatura $178,4 \pm 6,5$ cm; peso $82,1 \pm 6,8$ kg; $27,2 \pm 2,5$ kg / m² fisicamente ativos que praticam atividade física regularmente.

Para caracterização antropométrica dos sujeitos foi calculado o índice de massa corporal (IMC) com a utilização da equação ($\text{IMC} = \text{kg} / (\text{m}^2)$) a partir das medidas antropométricas de massa corpórea (kg) e estatura (metros). A medida de massa corpórea foi obtida com a utilização da balança Filizola® –Brasil com precisão de 0,01Kg. A mensuração

da estatura foi realizada com auxílio do estadiômetro Sanny®- Brasil com precisão de 0,01 m. Todos os indivíduos foram informados sobre os procedimentos de coleta de dados e responderam ao questionário de critérios de saúde e assinaram ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de acordo com o Conselho Nacional de Saúde (Resolução CNS n 466/2012).

As avaliações foram realizadas no período da manhã, em uma sala climatizada com temperatura entre 18 °C e 22°C, todos os indivíduos foram orientados a não ingerir alimentos, medicamentos, bebidas com cafeína ou outro estimulante cardíaco, mínimo de 12 horas anterior à avaliação. Os indivíduos foram orientados a realizar as medidas de VFC com a bexiga vazia. As medidas de VFC foram realizadas com os indivíduos na posição sentada em repouso.

2.3 Critérios de inclusão e exclusão

Para melhor homogeneidade do estudo foram incluídos nos grupos lesão medulares os participantes que atenderam simultaneamente aos seguintes critérios para ambos os grupos:

- A- Gênero masculino;
- B- Idade superior a 18 anos
- C- Lesão medula espinhal cervical (C5 á C8)
- D- Mínimo de um ano pós-lesão;
- E- Utilizar cadeira de rodas como meio de mobilidade funcional;
- F- Afebril durante a avaliação;
- G- Pelo menos um mês sem qualquer sintoma ou sinal de infecção, inclusive urinária.
- H- No grupo sedentário (GS): somente participantes sedentários não praticantes de exercício físico ou modalidade esportiva adaptada.
- I- No grupo exercício (GE): somente participantes que praticam a modalidade RCR há pelo menos um ano.

Para melhor homogeneidade da amostra foram excluídos do estudo os indivíduos com lesão medular cervical completa.

Foram incluídos no grupo controle (GC) os participantes que obedeceram aos seguintes critérios:

- a) Gênero masculino;
- b) Idade superior a 18 anos;
- c) Medula espinhal intacta;
- d) Fisicamente ativos (com frequência mínima de treinamento de três vezes por semana nos últimos 12 meses antecedentes a avaliação);
- e) Não apresentar intercorrências ou alterações clínicas 12 meses antecedentes ao início do estudo;
- f) Não fazer uso de fármacos ou ser usuário de suplementos alimentares nem orogênicos;

2.4 Rotina de Treinamento

Os indivíduos do GC realizaram treinamentos de força na frequência de 3 x na semana com intensidade entre 60% e 70% de uma repetição máxima (1RM) com intervalo de descanso inter-exercícios de 120 segundos para membros inferiores e superiores durante 60 min / dia. Além disso, realizaram treinamento aeróbio na frequência de 1 x na semana com intensidade entre 60% e 70% do $\text{VO}_2 \text{ máx}$, e duração de 30 minutos, com um volume total de 210 minutos por semana.

Os indivíduos do GE realizaram uma rotina de treinamento desenvolvida e estabelecida pela equipe *SANTER-RCR* respeitando o princípio da especificidade. A rotina consistiu em 4 exercícios (passe simples, passe longo, linha de passes, recepção e precisão) técnicos e táticos que simulam jogos de rugby em cadeira de rodas. A intensidade foi quantificada a partir da percepção subjetiva de esforço (Escala PSE – 0 a 10) sendo os valores entre 6 e 7 classificados com intensidade moderada (ANEXO 2). A frequência foi de 2 x na semana com duração de 120 min totalizando 240 min semanais. Por outro lado, os indivíduos do grupo SG mantiveram-se realizando suas atividades diárias habituais. Abaixo estão descritos os exercícios específicos que compuseram a rotina de treinamento.

1º exercício - Passe Simples a três metros (PS3):

O sujeito deveria atingir o alvo o maior número de vezes possíveis em ciclos de três séries de dois minutos de duração com intervalo entre as séries de 1 min (figura 5). O alvo encontrava-se a uma distância de três metros entre o indivíduo e a parede, sendo a altura do alvo em relação ao chão de 160 cm.

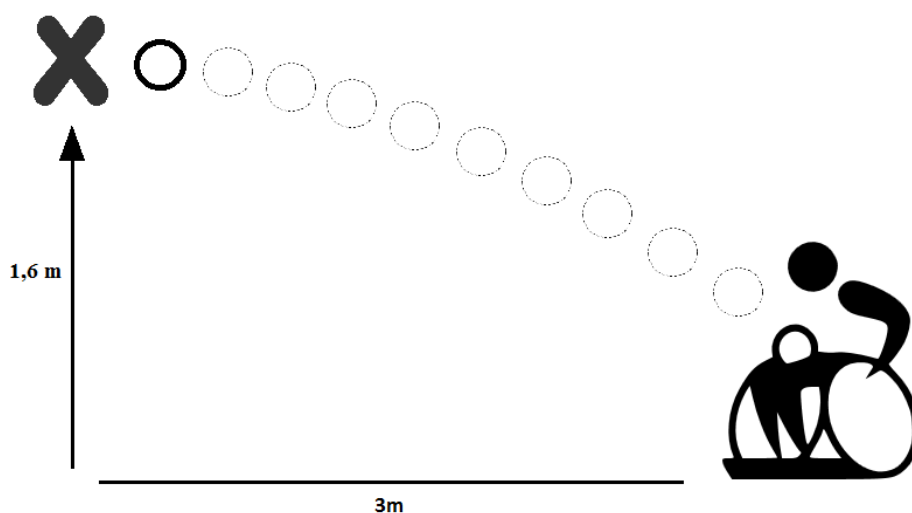


Figura 5. Exercícios de passe simples a três metros (PS3).

2º exercício- Passe simples a seis metros (PS6):

O exercício teve como objetivo acertar o alvo o maior número de vezes possível, sendo executado em três séries de dois minutos de duração e um minuto de intervalo entre as séries. Foi desenhado um alvo na parede, cuja distância do indivíduo e a parede é de seis metros. A altura do alvo em relação ao chão é de 160 cm (figura 6).

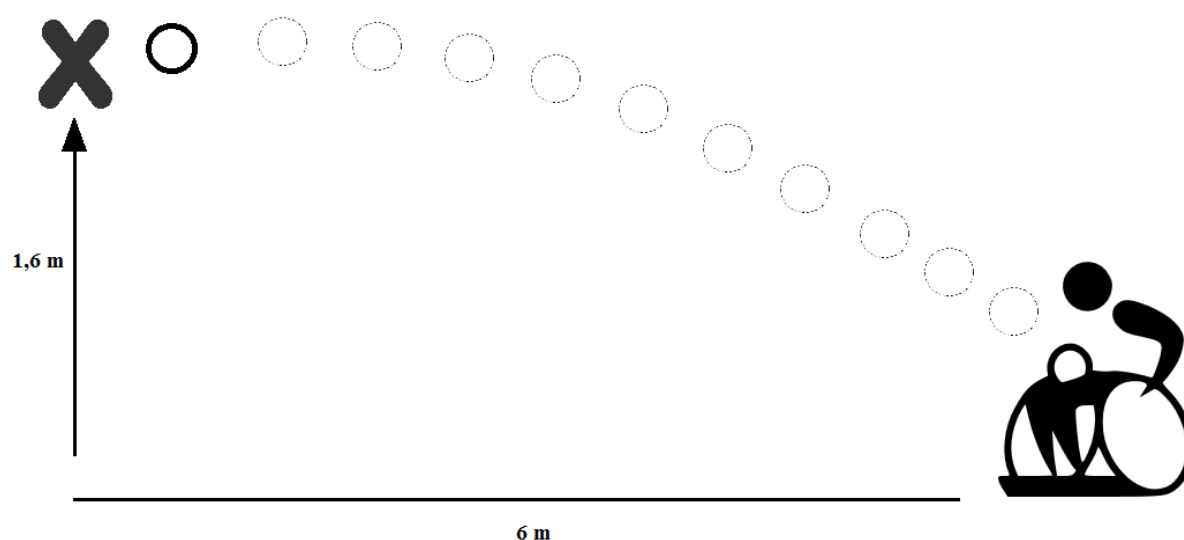


Figura 6. Exercícios de passe simples a seis metros (PS6)

3º exercício- Linha de passes (LP):

O exercício consistia no arremesso da bola para o companheiro posicionado à sua frente disposto em fila, e sequencialmente fez-se o giro por fora e posicionou-se rapidamente no final da fila (figura 7). O exercício foi realizado durante dez min.

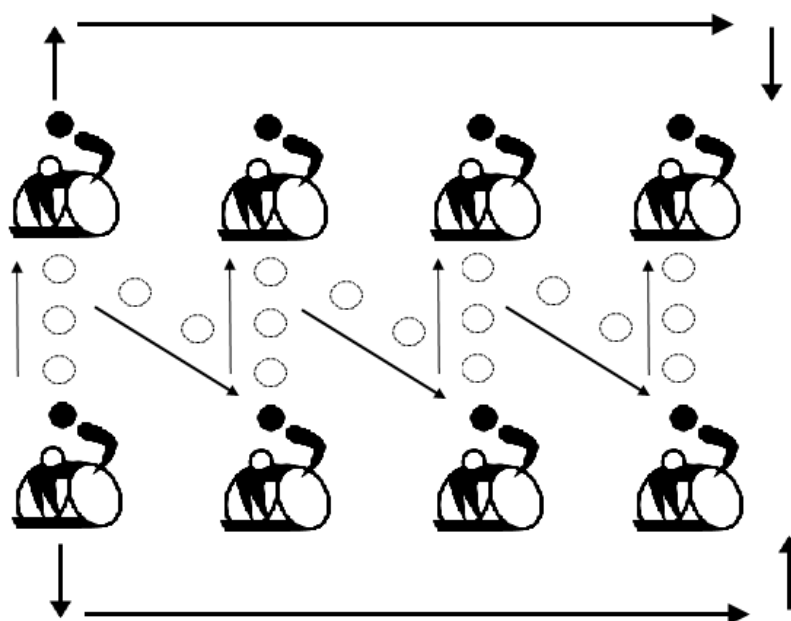


Figura 7. Exercícios de linha de passes (LP)

4º exercício- Precisão e Recepção (PR):

Os atletas se posicionaram em quatro filas (duas de arremesso e duas de recepção). Os receptores ficaram posicionados na linha lateral da quadra próximo região central, enquanto que os arremessadores ficaram posicionados na região lateral da quadra próximo a linha de fundo (figura 8). O arremessador (filas 1 e 3) tiveram como objetivo acertar a bola no centro demarcado no meio da quadra entre os dois cones. O receptor (filas 2 e 4) tiveram a função de interceptar a bola antes de cruzar a linha de fundo da sua quadra de ataque. O atleta da fila 1 arremessou para o atleta da fila 2, assim, o atleta da fila 1 foi para a fila 2 e o atleta da fila 2 foi para fila 3. Atleta da fila 3 lançou para atleta da fila 4 receber, atleta da fila 3 foi para a fila 4 e o atleta da fila 4 foi para fila 1. Este circuito teve tempo de execução de 20 min, e 3 min de recuperação 2 vezes.

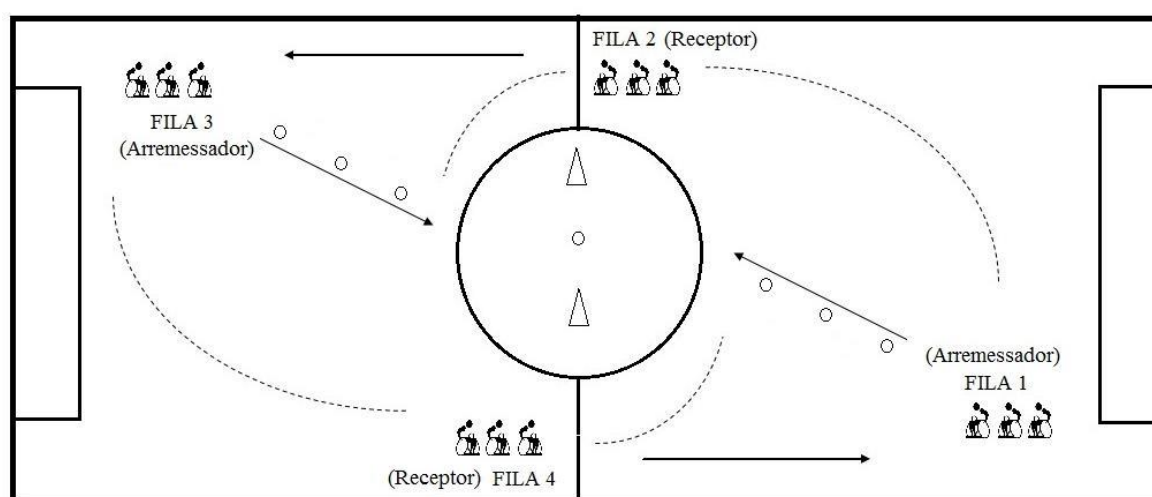


Figura 8. Exercícios de precisão e recepção (PR)

2.5 Análises da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

As análises da VFC no domínio de tempo e de frequência foram obtidas a partir das medidas dos intervalos RR gravadas em ciclos de 10 minutos contínuos, em repouso. Os intervalos RR foram obtidos através de um monitor cardíaco (Polar RS800CX – Finlândia). Todos os registros foram checados visualmente por 3 avaliadores, para a eliminação de possíveis batimentos ectópicos e artefatos originados de interferência elétrica. Quando necessário, foi realizado a eliminação de eventos (batimentos ectópicos e artefatos de interferência elétrica), porém a frequência de edição dos registros foi sempre inferior a 1% do total dos intervalos RR detectados (Task Force, 1996). Para as análises no domínio do tempo e de frequência da VFC, foi utilizada uma rotina previamente elaborada no *software Matlab* (*Matlab version 7.0, The Mathworks, Massachusetts, USA*).

No domínio da frequência (análise espectral), as séries foram re-amostradas em intervalos constantes, à frequência de 2 KHz, pelo método de interpolação *spline* cúbica. Após a remoção da tendência linear e aplicação da janela de *Hanning*, foi realizada a análise espectral das séries, decompondo o sinal em componentes espectrais através da transformada rápida de *Fourier* (periodograma de *Welch*, 1024 pontos, 50% de sobreposição). Foi utilizado a integração dos valores dos módulos espectrais das faixas sucessivas de 0,004Hz a 1Hz para calcular a variabilidade espectral do espectro inteiro (potência total) (Task Force, 1996).

A integração dos valores de faixas sucessivas entre frequência cardíaca foi dividida da seguinte forma em relação ao domínio da frequência:

- a- componente de muita baixa frequência (VLF: 0,003Hz a 0,04Hz);
- b- componente de baixa frequência (LF: 0,04Hz a 0,15Hz);
- c- componente de alta frequência (HF: 0,15Hz a 0,4Hz).

A razão entre LF e HF (razão LF/HF) foi utilizado para expressar o balanço simpátovagal. A potência normalizada dos componentes de LF e HF foi calculada em unidades normalizadas (un), usando as seguintes equações (Task Force, 1996):

$$L\text{Fun} = \text{LF} / (\text{potência total} - \text{VLF}) \times 100$$

$$H\text{Fun} = \text{HF} / (\text{potência total} - \text{VLF}) \times 100$$

Na análise da VFC, no domínio de tempo, foram calculados os seguintes índices estatísticos a partir de sucessivos ciclos de intervalos RR normais:

- a- RR médio (média dos intervalos RR normais);
- b- SDNN (desvio-padrão dos intervalos RR);
- c- NN50 (número de diferenças de intervalos RR consecutivos superior a 50 ms);
- d- pNN50 (percentual de intervalos RR normais que diferem mais que 50 ms de seu adjacente);
- e- RMSSD (raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado).

2.6 Análises estatísticas dos dados

Os dados foram apresentados como a média $\pm$ desvio padrão. Os dados foram inicialmente analisados por meio do teste de normalidade Shapiro-Wilk e o teste de homocedasticidade (critério de Bartlett). Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e homocedasticidade. As comparações entre os grupos foram realizadas com ANOVA one-way para medidas repetidas, seguida por testes de Tukey. Além disso, para determinar a magnitude dos resultados, as estatísticas de tamanho de efeito foram calculados para inter-grupos (Controle Vs. EG, Controle Vs. SG) respostas para repouso e pós-esforço. O tamanho do efeito foi calculada para determinar a significância da diferença ANOVA. A magnitude do ES foi classificada como pequeno ($<0,1$), média ($0,1-0,49$) ou grande ($> 0,5$) (Cohen, 1988). O nível de significância foi de 0,05 e o software utilizado para a análise dos dados foi GraphPad® (Prism 6.0, San Diego, CA, EUA).

2.7 Aspectos éticos

O projeto de estudo foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa antes da execução do estudo, em consonância com a resolução 466/2012 do conselho Nacional de Saúde. Todos os indivíduos participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APENDICE 1); após terem sido informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado.

Local da pesquisa: Esta pesquisa foi realizada no laboratório Cardiopulmonar de esforço do Programa de Pós- graduação em ciências da reabilitação, no Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), *campus* Bonsucesso, bem como a consolidação do banco de dados coletados.

Demonstrativo de infraestrutura: A instituição onde foi feito o estudo possui infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

Propriedade das informações geradas: Deve-se salientar que não haverá nenhuma cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

Acesso aos dados do pesquisador/Instituição: Em qualquer etapa do estudo, o participante pode acessar o profissional responsável, Dr. Alex Souto Maior (EDF 1078) no telefone (21)996126690. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): Praça das Nações, nº 34 - Bonsucesso, Rio de Janeiro – RJ, Tel.: (21) 3882-9797 (ramal 1015), e-mail: comitedeetica@unisuam.edu.br.

Indenização em caso de dano: Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, o participante será encaminhado para atendimento médico em hospitais da rede pública de saúde, e terão direito as indenizações legalmente estabelecidas, caso se justifique.

Capítulo 3. Resultados

3.1 Artigo

Perfil autonômico cardíaco em indivíduos com lesão medular cervical praticantes de exercício físico

Edgard William Martins¹; Roberto Magalhães¹; Moacir Marocolo²; Alex Souto Maior¹.

1. Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Programa de Mestrado em Ciências da Reabilitação, Rio de Janeiro, Brasil.

2. Departamento de Fisiologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil.

Endereço para correspondência:

Alex Souto Maior, PhD.

Universidade Augusto Motta - UNISUAM

Programa de Mestrado em Ciências da Reabilitação

Praça das Nações, 34 - Bonsucesso

Código 21041010 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Telefone: +55 21 2498-6017

E-mail: alex.bioengenharia@gmail.com

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi investigar o perfil da modulação autonômica cardíaca em repouso de indivíduos com lesão medular cervical incompleta (nível da lesão cervical C5 à C8) praticantes de exercício físico e não praticantes de exercício físico. Participaram do estudo 20 indivíduos do gênero masculino divididos em três grupos. O grupo controle (GC) foi composto por oito indivíduos com medula espinhal intacta ($28,3 \pm 4,5$ anos; $178,4 \pm 6,5$ cm; $82,1 \pm 6,8$ kg; $27,2 \pm 2,5$ kg / m²) envolvidos regularmente em um programa de treinamento de força e treinamento aeróbico de baixa intensidade. Participaram do grupo exercício (GE) oito indivíduos com lesão medular cervical incompleta ($32,3 \pm 4,5$ anos, $175,1 \pm 5,3$ cm, $73,6 \pm 9,6$ kg; $23,8 \pm 3,6$ kg / m²) praticantes de *rugby* em cadeira de rodas. O grupo sedentário (GS) foi composto por quatro indivíduos com lesão medular cervical incompleta ($30,8 \pm 5,3$ anos, $173,4 \pm 10,1$ cm, $69,7 \pm 7,1$ kg; $23,5 \pm 2,9$ kg / m²) que não praticavam qualquer tipo de exercício físico. As variáveis da variabilidade da frequência cardíaca foram calculadas através de um monitor cardíaco (Polar RS800CX – Finlândia), usando algoritmos baseados em MATLAB. O GC apresentou valores significativamente superiores nos intervalos R-R, a proporção de intervalos R-R adjacentes por mais de 50 ms (pNN50), o número de diferenças intervalo de sucessivos intervalos NN superiores a 50 ms (NN50), a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas (RMSSD) e o componente de alta frequência (HF) espectral de potência quando comparado ao GE e GS. Por outro lado, o GC exibiu valores significativamente superiores do desvio padrão dos intervalos R-R (SDNN) apenas em relação ao GE. Além disso, os resultados do efeito de tamanho (ES) apresentaram uma tendência para redução do componente de baixa frequência normalizado (LFnorm) no grupo GS quando comparado ao grupo GE. A prática de exercícios físicos parece promover ajustes autonômicos em indivíduos com lesões medulares cervical incompleta praticantes de *rugby* em cadeira de rodas.

Palavras-chave: Sistema autonômico cardíaco, exercício físico, lesão medular cervical

INTRODUÇÃO

Lesão medular (LM) é qualquer dano que comprometa o tecido da medula espinhal, e pode ocorrer em qualquer um dos segmentos da coluna vertebral, com deslocamento de fragmentos ósseos, ruptura de vasos sanguíneos, ligamentos e material do disco (**Nooijen et al., 2015**; **Saunders et al., 2015**). A lesão medular pode provocar comprometimentos fisiológicos irreversíveis nos sistemas neuromuscular, cardiovascular, gastrointestinal, pulmonar, sexual e reprodutor. De uma maneira geral promove sequelas limitantes aos indivíduos inspirando cuidados especiais a saúde (**Saunders et al., 2015**). Pode ser classificada em dois tipos: completa quando ocorre perda da função sensitiva e/ou motora abaixo do nível da lesão e incompleta quando há presença da função sensitiva e/ou motora abaixo do nível da lesão (**Harkey et al., 2003**). Dados de 2010 mostraram que a maior frequência de lesões medulares está relacionada com a tetraplegia incompleta (45%), seguido da paraplegia incompleta (21%), paraplegia total (20%) e tetraplegia completa (14%) (**Centro estatístico de Lesões da medula espinhal 2015**). A idade média em que os indivíduos sofrem traumatismo raquimedular é entre 20 a 40 anos, sendo mais frequente em indivíduos do gênero masculino na proporção de 4:1 (**Krug et al., 2000**; **Biering-Sorensen et al., 2011**).

A maior incidência de lesão medular está relacionada com o trauma na coluna cervical (59% dos casos), dentre as causas mais frequentes estão os acidentes automobilísticos (38%), quedas (30%), violência (14%), esportes / lesões relacionadas com o lazer (9%), cirurgia (5%), e outras causas médicas / (4%) (**National Spinal Cord Injury Statistical Center, 2015**). Segundo a Organização Mundial de Saúde OMS a incidência global de lesão medular

é de cerca de 40-80 novos casos por milhão de habitantes, o que corresponde a 250.000 a 500.000 novos casos por ano em todo o mundo **(Biering-Sorensen et al., 2011)**.

Indivíduos com lesão medular cervical apresentam maior taxa de mortalidade em traumas da coluna vertebral quando comparado com lesões da coluna torácica ou lombar **(Yang et al., 2013)**. A lesão medular cervical pode promover ausência temporária ou permanente de sinal sensitivo e motor interferindo diretamente na resposta motora, função sensorial da bexiga / intestino, e autonômica cardíaca **(Santos et al., 2012; Grossman et al., 2012)**. A doença cardiovascular (DCV) é a principal causa de morbidade e mortalidade em indivíduos após a lesão medular, disfunção autonômica cardíaca é uma complicação frequente especialmente aqueles com lesão medular cervical **(Yang et al., 2013; Garshick et al., 2005)**. Este tipo de lesão ocorre pela perda de sincronismo entre os ramos simpáticos e parassimpáticos. O grau de comprometimento da função cardiovascular está relacionado ao nível neurológico da lesão medular, os nervos vagais parassimpáticos aferentes e eferentes (X par craniano) permanecem preservados pós-lesão, enquanto que o sistema simpático perde o controle autonômico supra-espinhal acima dos segmentos torácicos (T1-T4) **(Sisto et al., 2012; Tecelão et al., 2012)**. A interrupção da inervação simpática cardíaca promove bradicardia e reduz a contratilidade do miocárdio por consequência da disfunção autonômica cardíaca, isto pode levar a um quadro de arritmias ventriculares e parada cardíaca **(Chung et al., 2011; Ravensbergen et al., 2012)**.

A disfunção autonômica cardíaca em indivíduos com lesão medular cervical incompleta tem sido associada ao aumento da incidência de arritmias cardíacas. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) vem sendo utilizada como uma ferramenta de análise da modulação autonômica em condições fisiológicas e patológicas **(Maier et al., 2013; Barth et al., 2015; Adebayo et al., 2015)**. A análise da VFC pode proporcionar um método não invasivo para estimar o balanço simpático-vagal **(Task Force Heart rate**

variability, 1996;. Thayer et al., 2010), fornecendo informações independentes sobre o prognóstico de arritmia ventricular **(Maior et al., 2013;. Adebayo et al., 2015)**. Sendo assim através das variáveis de domínio de tempo e frequência a análise da VFC vem sendo utilizada para identificar instabilidade cardíaca **(Rodrigues et al., 2015; Adebayo et al., 2015)**.

Em relação ao exercício físico foi relatado que indivíduos praticantes de rúgbi em cadeira de rodas com lesão medular cervical foram capazes de realizar testes de capacidade aeróbia, possivelmente por apresentarem preservação parcial da conexão simpática na coluna vertebral **(West et al., 2013)**. Por outro lado, a disfunção simpática pode se tornar grave em indivíduos tetraplégicos, consequentemente, esta disfunção interfere na resposta cardiovascular ao exercício interferindo no aumento da FC no início do exercício e a rápida desaceleração após o exercício **(Takahashi et al., 2007)**. No entanto, pouco se sabe sobre o comportamento autonômico cardíaco entre indivíduos praticantes de exercício físico, com e sem lesão medular cervical incompleta quando comparados a indivíduos sedentários com lesão medular cervical incompleta. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o perfil da modulação autonômica cardíaca em indivíduos com lesão medular cervical e incompleta praticante e não praticantes de exercício físico, utilizando o domínio de tempo e frequência para análise da VFC.

MÉTODOS

Sujeitos

Foram recrutados vinte indivíduos do gênero masculino e divididos em três grupos. Oito indivíduos com a medula espinhal intacta ($28,3 \pm 4,5$ anos; $178,4 \pm 6,5$ cm; $82,1 \pm 6,8$ kg; $27,2 \pm 2,5$ kg / m²) foram incluídos no grupo controle. Os indivíduos do grupo controle

realizaram treinamentos de força na frequência de 3 x na semana com intensidade entre 60% e 70% de uma repetição máxima (1RM) com intervalo de descanso inter-exercícios de 120 segundos para membros inferiores e superiores durante 60 min / dia. Além disso, realizaram treinamento aeróbio na frequência de 1 x na semana com intensidade entre 60% e 70% do $\text{VO}_2 \text{ máx}$, e duração de 30 minutos, o volume total de treinamento foi de 210 minutos por semana.

O grupo exercício (GE) foi composto por oito indivíduos com lesão medular cervical incompleta ($32,3 \pm 4,5$ anos, $175,1 \pm 5,3$ cm, $73,6 \pm 9,6$ kg; IMC de $23,8 \pm 3,6$ kg / m²) que praticavam rugby em cadeira de rodas na frequência de 2 x na semana com duração de 120 min totalizando 240 min semanais. Todos os indivíduos praticavam exercícios de resistência para membros superior e tronco com faixas de resistência. No entanto, a formação específica para *rugby* em cadeira de rodas consistiu em fundamentos básicos, defesa, ataque ou áreas que precisam de refinamento. Por outro lado, o grupo sedentário (SG) foi composto por quatro indivíduos com lesão medular cervical incompleta ($30,8 \pm 5,3$ anos, $173,4 \pm 10,1$ cm, $69,7 \pm 7,1$ kg; IMC de $23,5 \pm 2,9$ kg / m²) que não praticavam qualquer tipo de exercício físico. Os indivíduos dos grupos GE e SG apresentaram lesão medular cervical incompleta (C5 – C8) com tempo superior a 12 meses. O nível de comprometimento da lesão foi determinado por um exame neurológico completo realizado de acordo com a American Spinal Injury Association (ASIA) em todos os indivíduos com lesão medular cervical.

Todos os procedimentos experimentais foram realizados em conformidade com a Declaração de Helsinki e foi aprovado pelo comitê de ética local. Todos os indivíduos apresentaram consentimento informado antes da coleta de dados e foram considerados saudáveis a partir da história clínica, exame físico e eletrocardiograma de repouso normal. Foram adotados os seguintes critérios de exclusão adicionais: (a) uso de medicamentos que poderiam afetar as respostas cardiorrespiratórias, (b) não fumantes (c) hipertensão arterial

sistêmica ($\geq 140/90$ mmHg) induzida pela concentração do volume urinário, (d) doença metabólica, (e) infecção do trato urinário. Não houve problemas clínicos durante o estudo.

Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

As análises da VFC no domínio de tempo e de frequência foram obtidas a partir das medidas dos intervalos RR gravadas em ciclos de 10 minutos contínuos, em repouso. Os intervalos RR foram obtidos através de um monitor cardíaco (Polar RS800CX – Finlândia). Todos os registros foram checados visualmente por 3 avaliadores, para a eliminação de possíveis batimentos ectópicos e artefatos originados de interferência elétrica. Quando necessário, foi realizado a eliminação de eventos (batimentos ectópicos e artefatos de interferência elétrica), porém a frequência de edição dos registros foi sempre inferior a 1% do total dos intervalos RR detectados (Task Force, 1996). Para as análises no domínio do tempo e de frequência da VFC, foi utilizada uma rotina previamente elaborada no *software Matlab* (*Matlab version 7.0, The Mathworks, Massachusetts, USA*).

Na análise da VFC, no domínio de tempo, foram analisados os índices: RR médio, a média de todos os intervalos RR normais durante os 10 min de gravação; SDNN, o desvio-padrão dos intervalos RR normais; NN50, número de diferenças de intervalos RR consecutivos superior a 50 ms; pNN50, percentual de intervalos RR normais que diferem mais que 50 ms de seu adjacente; e RMSSD, raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado (**Task Force Heart rate variability, 1996**).

Para análise do domínio de frequência, as séries foram re-amostradas em intervalos constantes, à frequência de 2 Hz, pelo método de interpolação *spline* cúbica. Após a remoção da tendência linear e aplicação da janela de *Hanning*, foi realizada a análise espectral das

séries, decompondo o sinal em componentes espectrais através da transformada rápida de *Fourier* (periodograma de *Welch*, 1024 pontos, 50% de sobreposição). Foi utilizado a integração dos valores dos módulos espectrais das faixas sucessivas de 0,004Hz a 1Hz para calcular a variabilidade espectral do espectro inteiro (potência total): componente de muito baixa frequência (VLF: 0,0033 e 0,04 Hz.), componente de baixa frequência (LF: 0,04-0,15 Hz), e componente de alta frequência (HF: 0.15- 0,40 Hz). A potência espectral também foi calculada em unidades normalizadas para o HF [$HF_{un} = HF / (\text{potência total} - VLF) \times 100$] e LF [$LF_{un} = LF / (\text{potência total} - VLF) \times 100$], e o balanço simpato-vagal autônomo avaliados pela razão LF / HF (**Task Force Heart rate variability, 1996**).

Análises Estatísticas

Os dados foram apresentados com a média $\pm$ desvio padrão. Os dados foram inicialmente analisados por meio do teste de normalidade Shapiro-Wilk e o teste de homocedasticidade (critério de Bartlett). Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e homocedasticidade. As comparações entre os grupos foram realizadas com um ANOVA one-way para medidas repetidas, seguida por testes de Tukey. Além disso, para determinar a magnitude dos resultados, as estatísticas de The effect size - ES (tamanho do efeito) foram calculados para análise inter-grupos (controle versus EG Vs. SG) respostas para repouso. O efeito do tamanho foi calculado para determinar a significância da diferença para ANOVA. A magnitude do efeito do tamanho foi classificada como pequena ($<0,1$), média (0,1-0,49) ou grande ($> 0,5$) (Cohen, 1988). O nível de significância foi de 0,05 e o software utilizado para a análise dos dados foi GraphPad® (Prism 6.0, San Diego, CA, EUA).

RESULTADOS

A Figura 1 mostra os valores médios de intervalo RR e potência total nos três grupos. O intervalo RR do grupo controle foi significativamente ($p = 0,01$) mais longo quando comparado a EG ($\Delta\% = 18,7\%$) e SG ($\Delta\% = 19,2\%$) (Figura 1A). Em contraste, não foram observadas alterações significativas nos parâmetros do ECG inter-grupos ($p > 0,05$) como podemos observar na Figura 1B. Mas, a comparação das estatísticas de efeito do tamanho da potência total entre o grupo controle vs. grupos EG e SG apresentaram valores grandes ($> 0,5$).

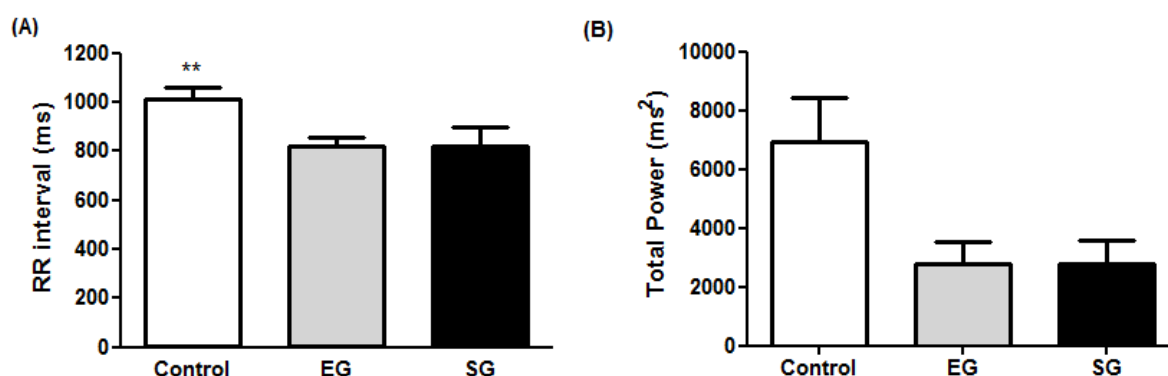


Figura 1. Intervalos R-R e Potência total, determinado em repouso (controle; $n = 8$), grupo exercício (GE; $n = 8$) e grupo sedentário (SG; $n = 4$). Os valores são expressos em média $\pm$ desvio padrão.

** $p < 0.01$ versus EG e SG.

A Figura 2 mostra os valores médios de pNN50, NN50, SDNN e RMSSD em repouso para os três grupos. Na análise no domínio de tempo, pNN50, NN50 e o RMSSD foram significativamente reduzidos no GE (pNN50 - $\Delta\%$ = 82,3%; NN50 - $\Delta\%$ = 89%; RMSSD - $\Delta\%$ = 60,7%) e SG (pNN50 - $\Delta\%$ = 67%; NN50 - $\Delta\%$ = 82,9%; RMSSD - $\Delta\%$ = 52,5%) quando comparado ao grupo controle ($p = 0,0001$) (Figura 2A, B e D). Por outro lado, o grupo controle exibiu SDNN superior ($\Delta\%$ = 29,5%) apenas em relação ao grupo EG (Figura 2C).

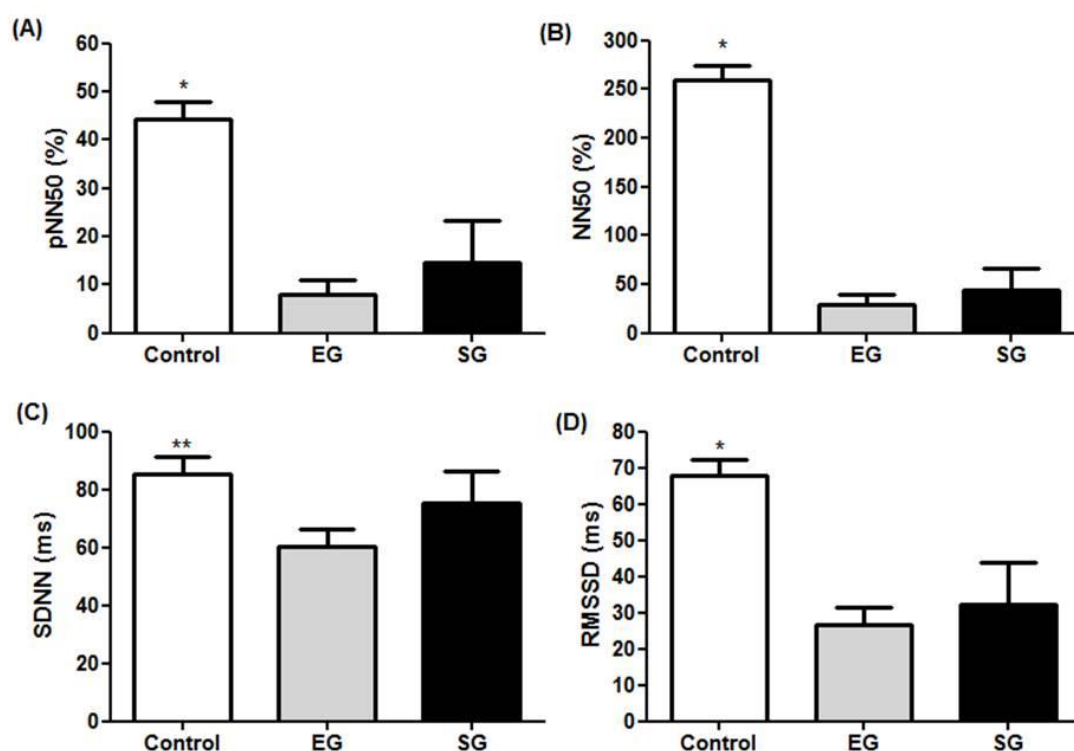


Figura 2. Domínio de tempo dos índices de variabilidade da frequência cardíaca em repouso.

Os valores são expressos em média $\pm$ desvio padrão.

* $p < 0,0001$ versus EG e SG;

** $p < 0,05$ versus EG.

A Figura 3 mostra o componente LF normalizado, LF, HF normalizado, e HF para os três grupos em repouso. Embora não tenha sido encontrado diferenças significativas inter-grupos foi observada por meio de estatísticas de efeito do tamanho (0,43) uma tendência a redução do efeito LF normalizado, valores de SG quando comparado a EG (Figura 3A). Por outro lado, os componentes LF também não apresentaram diferenças significativas, mas observou-se um tamanho do efeito médio (0,48) e grande ($> 0,51$) para EG e SG, respectivamente, em relação ao grupo controle (Figura 3B). No entanto, HF normalizada (EG - $\Delta\% = 59,4\%$; SG - $\Delta\% = 75\%$) e componente HF (EG - $\Delta\% = 84,1\%$; SG - $\Delta\% = 78,9\%$) apresentaram redução significativa no GE e SG quando comparado o grupo controle (Figura 3C e D). A razão LF/HF não apresentou diferenças significativas inter-grupos (controle = $1,60 \pm 1,05\%$; EG = $4,39 \pm 3,43\%$; SG = $3,52 \pm 1,9\%$; $p > 0,05$), mas as estatísticas de efeito do tamanho para ambos os grupos com lesão medular cervical e incompleta (EG e SG) apresentou valores médios (0,48) e grandes ($> 0,5$) em relação ao grupo controle.

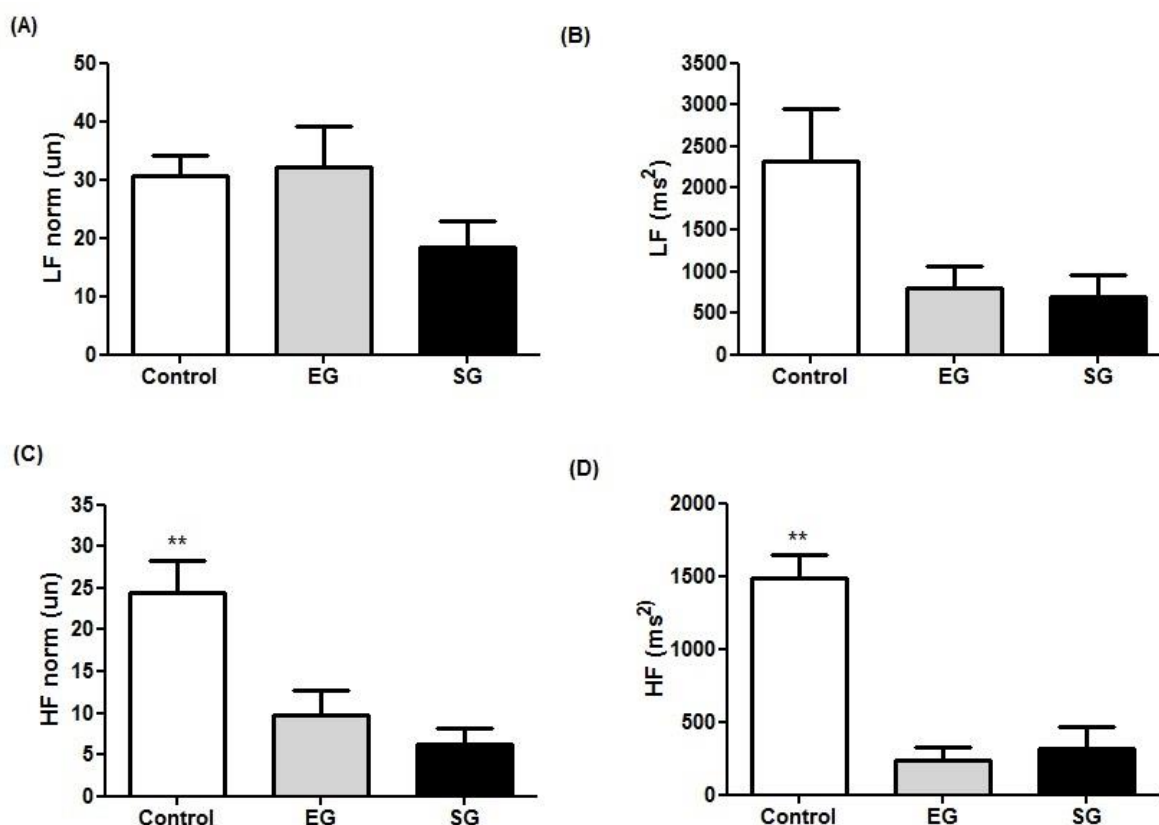


Figura 3. Os índices de domínio de frequência da variabilidade da frequência cardíaca em repouso. Os valores são expressos em média $\pm$ desvio padrão.

****** $p < 0.0001$ versus EG e SG.

Discussão

O presente estudo investigou o perfil da modulação autonômica cardíaca em repouso em uma pequena amostra de indivíduos com lesão medular cervical incompleta. Foram observados sinais de disfunção autonômica cardíaca em indivíduos com lesão medular cervical incompleta quando comparados com indivíduos com a medula espinhal intacta. Os principais achados do presente estudo são evidências que os indivíduos do grupo (GE) mostraram uma diminuição significativa no SDNN, em repouso, quando comparado com o grupo controle (CG). Além disso, a magnitude das estatísticas do efeito do tamanho entre EG vs. SG apresentaram valores moderados em relação à LF normalizada.

O SDNN representa indicadores globais da VFC, alguns estudos sugerem que o SDNN menor do que 70 ms, em indivíduos com medula espinhal intacta, é um excelente marcador de risco aumentado de doença cardíaca em pacientes com disfunção isquêmica cardíaca e morte súbita (**Fauchier et al., 1999; Bigger et al., 1992**). Outros estudos têm associado à diminuição do valor SDNN (acima de 70 ms), após infarto do miocárdio, como um risco 4 vezes maior de vir a óbito nos 3 anos seguintes (**Buccelletti et al., 2009**). Esta resposta autonômica pode estar associada com uma disfunção autonômica cardíaca que reflete em uma redução da variabilidade dos intervalos RR e um SDNN inferior.

Em relação à lesão da medula espinhal, pacientes crônicos com lesão medular cervical completa apresentam diminuição significativa de SDNN quando comparados com pacientes com lesão medular cervical incompleta (**Demirel et al., 1999**). No entanto, durante a fase

aguda indivíduos com lesão medular cervical incompleta, apresenta um aumento de SDNN, possivelmente, pelo ajuste da função autonômica através da remodelação dos axônios danificados após o trauma (**Malmqvist et al., 2015; Raineteau & Schwab, 2001**).

Nossos dados mostraram valores menores de SDNN ($60,2 \pm 14,8$ ms) nos indivíduos com lesão medular cervical crônico quando comparado ao grupo controle ($85,4 \pm 16,1$ ms), assim especulamos que a atividade parassimpática também é diminuída em pacientes com tetraplegia, isto pode estar associada à retirada do tônus simpático pela lesão medular cervical, conseqüentemente, esta resposta pode ser um mecanismo para a manutenção da homeostase autonômica (**Wang et al., 2000**). Por outro lado, a diminuição dos valores de RMSSD, pNN50 e NN50 nos indivíduos com lesão medular cervical incompleta é principalmente devida a influência da atividade parassimpática quando diretamente relacionadas com intervalo RR inferior. Para a influência parassimpática no sistema autonômico cardíaco, os índices de RMSSD têm melhores propriedades estatísticas para avaliar a atividade parassimpática do que NN50 e pNN50 (**Task Force, 1996**). O RMSSD tem sido utilizado como um melhor índice de controle parassimpático cardíaco, uma vez que não está contaminado pela VFC simpaticamente mediada (**Berntson et al., 2005**).

Os valores de LF não apresentaram diferença significativa inter-grupos, enquanto que a magnitude do tamanho do efeito parece ser influenciado pela prática de atividade física, quando os valores de potência LF foram normalizados (LFun). A normalização dos valores no domínio de frequência contribuiu para minimizar o efeito das alterações na potência total nos valores de LF e HF (**Força-Tarefa da Sociedade Europeia de Cardiologia, 1996**). Este fato pode ter sido um fator relevante para redução significativa nos valores de HF entre os grupos EG e SG comparado ao grupo controle. O componente LF é um índice que reflete as flutuações mediadas por ambos os nervos vagais e simpáticos cardíacos (**Perini & Veicsteinas, 2003**). Por outro lado, alguns estudos sugerem que a atividade simpática

contribui para LF um valor aproximadamente 15% a mais do que a atividade vagal (**Eckberg, 1997; Montano et al., 2009; Piccirillo et al., 2009**). No entanto, os aumentos na atividade simpática induzida por nitroprussiato contribui para uma correlação significativa entre a atividade nervosa simpática e LFun, consequentemente, o componente LF da VFC têm sido utilizados como um índice de controle simpático cardíaco (**Saul et al., 1991; Reyes del Paso et al., 2013**). Este aumento da atividade simpática mediada por LFun parece influenciar para elevar a razão LF / HF induzida pelo exercício físico em indivíduos com lesão medular cervical e incompleta. Os resultados do estudo de **Takahashi et al., (2007)** não apresentaram diferença significativa intergrupos (tetraplégicos Vs. medula espinhal intacta), mas observou-se uma tendência exagerada em valores de potência LF em atletas tetraplégicos durante o repouso. Talvez a destruição das vias descendentes simpáticas esteja incompleta em alguns indivíduos com lesão medular cervical. O aumento do componente LFun pode estar relacionado à disfunção autonômica. No entanto, essa resposta em pacientes com lesão medular cervical pode estar associado a um ajuste do sistema autonômico cardíaca de remodelação dos axônios danificados após trauma induzida pelo exercício. Assim, **West et al., (2013)** sugerem que a preservação parcial do controle autonômico simpático e resposta do sistema cardiovascular ao exercício pode ser um fator determinante para o ajuste do perfil autonômica cardíaco em praticantes de exercício físico com lesão medular cervical.

O presente estudo apresentou limitações devido ao pequeno número de pacientes avaliados. No entanto, não foi possível incluir mais pacientes no EG e grupos SG uma vez que este estudo incluiu prospectivamente pacientes consecutivos admitidos com lesão medular alta e incompleta, por isso a natureza inerente do estudo torna este viés potencial inevitável. Outras investigações se fazem necessárias para fornecer informações sobre a forma como o coração se adapta aos exercícios físicos em uma situação de danos à inervação

simpática e que os doentes são especialmente vulneráveis à instabilidade cardíaca resultante da lesão medular cervical. Além disso, seria importante verificar a contribuição do equipamento de treinamento (ou seja, meias de compressão graduada ou restrição do fluxo sanguíneo) no perfil do controle autonômico cardíaco de indivíduos com lesão medular cervical.

Conclusão

Concluiu-se que a prática de exercícios físicos parece promover ajustes autonômicos em indivíduos com lesões medulares cervical incompleta praticantes de rugby em cadeira de rodas. Esta resposta foi observada no GC que apresentou valores significativamente superiores nos intervalos R-R, a proporção de intervalos R-R adjacentes por mais de 50 ms (pNN50), o número de diferenças intervalo de sucessivos intervalos NN superiores a 50 ms (NN50), a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas (RMSSD) e o componente de alta frequência (HF) espectral de potência quando comparado ao GE e SG. Por outro lado, o GC exibiu valores significativamente superiores do desvio padrão dos intervalos R-R (SDNN) apenas em relação ao GE. Além disso, os resultados do efeito de tamanho (ES) apresentaram uma tendência para redução do componente de baixa frequência normalizado (LFnorm) no grupo GS quando comparado ao grupo GE.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adebayo RA, Ikwu AN, Balogun MO, Akintomide AO, Ajayi OE, Adeyeye VO, Mene-Afejuku TO, Bamikole OJ, Ogunyemi SA, Ajibare AO, Oketona OA. Heart rate variability and arrhythmic patterns of 24-hour Holter electrocardiography among Nigerians with cardiovascular diseases. *Vasc Health Risk Manag*. 2015 Jun 29;11:353-9.

Barth Z, Nomeland Witczak B, Schwartz T, Gjesdal K, Flatø B, Koller A, Sanner H, Sjaastad I. In juvenile dermatomyositis, heart rate variability is reduced, and associated with both cardiac dysfunction and markers of inflammation: a cross-sectional study median 13.5 years after symptom onset. *Rheumatology (Oxford)*. 2015. pii: kev376. [Epub ahead of print].

Berntson GG, Lozano DL, Chen YJ. Filter properties of root mean square successive difference (RMSSD) for heart rate. *Psychophysiology* 2005; 42: 246–252.

Bigger JT, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Kleiger RE, Rottman JN. Correlation among time and frequency domain measures of heart period variability two weeks after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1992; 69: 891–898.

Biering-Sorensen F, Bickenbach JE, El Masry WS, Officer A, von Groote PM. ISCoS-WHO collaboration. International Perspectives of Spinal Cord Injury (IPSCI) report. *Spinal Cord* 2011;49:679-83.

Buccelletti E, Gilardi E, Scaini E, Galiuto L, Persiani R, Biondi A, Basile F, Silveri NG. Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and metanalysis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2009;13(4):299-307.

Cohen J. Statistical power analysis for the behavioural sciences. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; 1988.

Chung FP, Hu YF, Chao TF, Higa S, Cheng H, Lin YJ, Chang SL, Lo LW, Tuan TC, Tai CT, Li CH, Lin YK, Chen SA. The correlation between ventricular repolarization and clinical severity of spinal cord injuries. *Heart Rhythm*. 2011;8(6):879-884.

Demire G, Demirel S, Yilmaz H, Akkaya V, Atilgan D, Korkut F. Cardiac Dysrhythmias and Autonomic Dysfunction in Chronic Spinal Cord Injury: A 24-Hour Holter Monitoring and Heart Rate Variability Study. *Neurorehabil Neural Repair* 1999; 13(4): 235-241.

Eckberg DL. Sympathovagal balance: a critical appraisal. *Circulation* 1997; 96: 3224–3232.

Fauchier L, Babuty D, Cosnay P, Fauchier JP. Prognostic value of heart rate variability for sudden death and major arrhythmic events in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 1999;33(5):1203-7.

Garshick E, Kelley A, Cohen SA, Garrison A, Tun CG, Gagnon D, Brown R. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2005;43(7):408-16.

Grossman RG, Frankowski RF, Burau KD, Toups EG, Crommett JW, Johnson MM. Incidence and severity of acute complications after spinal cord injury. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(Suppl 1):119-28.

Harkey HL, 3rd, White EA, Tibbs RE, Jr., Haines DE. A clinician's view of spinal cord injury. *Anat Rec B New Anat* 2003;271:41-8.

Krug EG, Sharma GK, Lozano R. The global burden of injuries. *Am J Public Health* 2000;90:523-6.

Maier AS, Carvalho AR, Marques-Neto SR, Menezes P, Soares PP, Nascimento JH. Cardiac autonomic dysfunction in anabolic steroid users. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;23(5):548-55.

Malmqvist L, Biering-Sørensen T, Bartholdy K, Krassioukov A, Welling KL, Svendsen JH, Kruse A, Hansen B, Biering-Sørensen F. Assessment of autonomic function after acute spinal cord injury using heart rate variability analyses. *Spinal Cord*. 2015; 53: 54–58.

N, Porta A, Cogliati C, Costantino G, Tobaldini E, Casali KR, Iellamo F. Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior. *Neurosci Biobehav Rev* 2009; 33: 71–80.

National Spinal Cord Injury Statistical Center, Facts and Figures at a Glance. Birmingham, AL: University of Alabama at Birmingham, 2015.

Nooijen CF, Post MW, Spooren AL, Valent LJ, Broeksteeg R, Sluis TA, Stam HJ, van den Berg-Emons RJ. Exercise self-efficacy and the relation with physical behavior and physical capacity in wheelchair-dependent persons with subacute spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil*. 2015;12(1):103.

Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 2003; 90: 317–325.

Piccirillo G, Ogawa M, Song J, Chong VJ, Joung B, Han S, Magrì D, Chen LS, Lin SF, Chen PS. Power spectral analysis of heart rate variability and autonomic nervous system activity measured directly in healthy dogs and dogs with tachycardia-induced heart failure. *Heart Rhythm* 2009; 6: 546–552

Weaver LC, Fleming JC, Mathias CJ, Krassioukov AV. Disordered cardiovascular control after spinal cord injury. *Handb Clin Neurol*. 2012;109:213-233.

Ravensbergen HJ, Walsh ML, Krassioukov AV, Claydon VE. Electrocardiogram-based predictors for arrhythmia after spinal cord injury. *Clin Auton Res*. 2012 ;22(6):265-273.

West CR, Romer LM, Krassioukova A. Autonomic Function and Exercise Performance in Elite Athletes with Cervical Spinal Cord Injury. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2013; 45 (2): 261–267.

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* 2007;103: 1669–1677.

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* 2000;81:1181-1184.

Raineteau O, Schwab ME. Plasticity of motor systems after incomplete spinal cord injury. *Nat Rev Neurosci* 2001; 2: 263–273.

Reyes del Paso GA, Langewitz W, Mulder LJ, van Roon A, Duschek S. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies. *Psychophysiology*. 2013;50(5):477-87

Rodrigues D, Tran Y, Guest R, Middleton J, Craig A. Influence of neurological lesion level on heart rate variability and fatigue in adults with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2015. doi: 10.1038/sc.2015.174. [Epub ahead of print]

Santos EAS, Santos Filho WJ, Possatti LL, Bittencourt LRA, Fontoura EAF, Botelho RV. Clinical complications in patients with severe cervical spinal trauma: a ten-year prospective study. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 2012;70(7): 524-528.

Saul JP, Berger RD, Albrecht P, Stein SP, Chen MH, Cohen RJ. Transfer function analysis of the circulation: unique insights into cardiovascular regulation. *Am J Physiol*. 1991;261(4 Pt 2):H1231-45.

Saunders LL, Clarke A, Tate DG, Forchheimer M, Krause JS. Lifetime prevalence of chronic health conditions among persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2015;96:673-9.

Sisto SA, Lorenz DJ, Hutchinson K, Wenzel L, Harkema SJ, Krassioukov A. Cardiovascular status of individuals with incomplete spinal cord injury from 7 NeuroRecovery Network rehabilitation centers. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(9):1578-1587.

Task Force of the European Society of Cardiology, the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996; 93:1043–1065.

Thayer, J.F., S.S. Yamamoto, and J.F. Brosschot, The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int J Cardiol*, 2010; 141(2): p. 122-31.

Yang S, Ding W, Yang D, Gu T, Zhang F, Zhang D, Sun Y, Ma L, Song Y. Epidemiology and risk factors of cervical spine injury during heating season in the patients with cervical trauma: a cross-sectional study. *PLoS One* 2013;8:e78358.

4. Considerações Finais

Apêndice 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido

Você está sendo convidado para participar da Pesquisa intitulada “ Perfil da Modulação autonômica Cardíaca em indivíduos com lesão medular cervical e incompleta praticantes de *Rugby* de Cadeira de rodas”

Nome do participante: _____

Este é um projeto de pesquisa realizado pelo laboratório do programa de Pós-graduação stricto sensu em Ciências da Reabilitação, no Centro Universitário Augusto Motta, *campus* Bonsucesso (RJ), sob a responsabilidade do aluno do curso de mestrado em Ciências da Reabilitação Edgard William Martins (Tel: 979148060 email ewmfisio@gmail.com) orientado pelo pesquisador Prof.Dr. Alex Souto Maior (Tel: 996126690 email alex.bioengenharia@gmail.com). Este trabalho tem como objetivo investigar os batimentos cardíacos em indivíduos com lesão medular alta e incompleta. Participarão do estudo indivíduos sem lesões medulares fisicamente ativos, indivíduos tetraplégicos sedentários e praticantes de *Rugby* que utilizam a cadeira de rodas como meio de transporte urbano. Se você aceitar participar deste estudo será preenchido um questionário com informações pessoais e outro questionário específico sobre a realização de suas atividades do dia a dia. Em seguida será realizado uma avaliação em repouso na posição sentada onde será colocado um frequencímetro cardíaco na região do peito durante 60 minutos. O participante do estudo que vier a sofrer qualquer tipo de dano resultante da sua participação na pesquisa terá direito à indenização, por parte do pesquisador, assim como reembolso de qualquer despesa previsível que possa vir a desembolsar pela participação na pesquisa. A participação no estudo é totalmente voluntária, caso não queira participar do estudo não será penalizado de forma alguma. O centro universitário Augusto Motta UNISUAM não se compromete a ressarcir financeiramente caso ocorra algum dano à saúde do individuo durante a realização do teste de esforço físico. Todas as informações obtidas neste estudo são confidenciais, uma vez que seu nome não será associado às análises a serem realizadas. Os dados serão divulgados de forma a não possibilitar sua identificação. Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos. Caso tenha qualquer dúvida sobre esta pesquisa, pergunte ao profissional de saúde que está lhe atendendo. Se o senhor (a) concordar em participar e desejar ter outras informações poderá contactar os responsáveis técnicos pela pesquisa no laboratório do programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, no Centro Universitário Augusto Motta, *campus* Bonsucesso (RJ).

Se concorda em participar deste estudo, por favor assine o seu nome abaixo:

Sua assinatura

Assinatura do profissional de saúde

Apêndice 2 – Ficha de avaliação dos participantes

PERFIL DA MODULAÇÃO AUTÔNOMICA CARDÍACA DE INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR CERVICAL INCOMPLETA PRATICANTES DE RUGBY EM CADEIRA DE RODAS

QUESTIONÁRIO

IDADE:	PESO:	ALTURA:
MECANISMO DA LESÃO:		
TEMPO DE LESÃO:		
NÍVEL DE LESÃO:	COMPLETA ()	INCOMPLETA ()
TEMPO DE LESÃO ESTÁVEL:		
RUGBY DE CADEIRA DE RODAS: QUANTO TEMPO PRÁTICA?		
DOENÇAS CARDIOVASCULARES:	SIM ()	NÃO ()
DOENÇAS METABÓLICAS:	SIM ()	NÃO ()
FAZ USO DE MEDICAMENTOS:	SIM ()	NÃO ()
OBSERVAÇÕES:		

Apêndice 3 – Ficha de avaliação dos participantes

PERFIL DA MODULAÇÃO AUTÔNOMICA CARDÍACA DE INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR CERVICAL INCOMPLETA PRATICANTES DE RUGBY EM CADEIRA DE RODAS

QUESTIONÁRIO

IDADE:	PESO:	ALTURA:
LESÃO MEDULAR:	SIM ()	NÃO ()
EXERCÍCIO FÍSICO: QUANTO TEMPO PRATICA?		
DOENÇAS CARDIOVASCULARES:	SIM ()	NÃO ()
DOENÇAS METABÓLICAS:	SIM ()	NÃO ()
FAZ USO DE MEDICAMENTOS:	SIM ()	NÃO ()
OBSERVAÇÕES:		