UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ATIVIDADE FÍSICA

LUCAS ANDRÉ BORATO

**Modulação da variabilidade da frequência cardíaca em jogo de realidade virtual
em atletas e não atletas com lesão medular**

São Paulo

2020

LUCAS ANDRÉ BORATO

**Modulação da variabilidade da frequência cardíaca em jogo de realidade virtual
em atletas e não atletas com lesão medular**

Versão original

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física.

Área de Concentração:

Desempenho Físico e Motor

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Massa

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)
CRB 8 - 4936

Borato, Lucas André

Modulação de variabilidade da frequência cardíaca em jogo de realidade virtual em atletas e não atletas com lesão medular / Lucas André Borato ; orientador, Marcelo Massa. – 2020
58 f : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.

Versão original

1. Atividade física. 2. Realidade virtual. 3. Frequência cardíaca. 4. Sistema nervoso autônomo. 5. Traumatismos da medula espinhal. I. Massa, Marcelo, orient. II. Título
CDD 22.ed. – 613.7

Nome: Borato, Lucas André

Título: **Modulação da variabilidade da frequência cardíaca em jogo de realidade virtual em atletas e não atletas com lesão medular**

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física.

Área de Concentração:

Desempenho Físico e Motor

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Dedico essa dissertação a todos que estiveram comigo e me apoiaram durante toda minha educação.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, Valdir e Magda, por todo o incentivo e apoio durante toda minha carreira acadêmica. Agradeço também meu irmão Pedro pelo apoio e ajuda.

Agradeço minha companheira Paula por todo auxílio, apoio e paciência durante essa jornada. Sem ela essa batalha teria sido muito mais árdua.

Agradeço meu orientador Prof. Dr. Marcelo Massa e também ao Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro pelo acolhimento e ensinamentos que contribuíram e contribuem para meu aperfeiçoamento profissional e acadêmico.

Agradeço aos colegas do grupo de Pesquisa PATER por toda ajuda e apoio. Agradeço também aos amigos que também estiveram ao meu lado durante todo esse tempo.

Deixo um agradecimento a todos os professores que fizeram parte de minha educação desde os anos primários até o mestrado.

Agradeço a todos os Deuses e Deusas que propiciaram todos os eventos que culminaram neste momento presente no qual tenho a possibilidade de aprender e evoluir.

Por fim, agradeço a Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo e todos seus profissionais por toda a oportunidade e estrutura para que tornasse possível esse trabalho e minha formação.

RESUMO

BORATO, Lucas André. **Modulação da variabilidade da frequência cardíaca em jogo de realidade virtual em atletas e não atletas com lesão medular**. 2020. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Versão original.

Introdução: A Lesão Medular Espinal (LME) é uma condição que pode ser irreversível e levar à incapacidade gerando alterações biopsicossociais ao indivíduo. Complicações cardiovasculares são as principais causas de morbidade e mortalidade, e disfunções autonômicas são consequências comuns e graves. Para sua avaliação e modulação uma ferramenta promissora e viável é a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC). **Objetivo:** Analisar a VFC de pessoas com LME atletas e não atletas durante o repouso e uma atividade virtual. **Método:** 140 indivíduos participaram do estudo e foram divididos em três grupos. (34) Grupo Atleta com LME (LME-A) e (51) Grupo Não-Atleta com LME (LME-NA) e (55) sem diagnóstico de LME que representam o Grupo Controle (GC). Todos os indivíduos realizaram a análise de VFC em dois momentos: repouso de 5 minutos e durante atividade de realidade virtual não imersiva. **Resultados:** Foram encontrados efeitos significativos para Grupos e efeito principal para Momentos em todas as análises não-lineares, com destaque para a Análise de Quantificação de Recorrência, no qual foi encontrada significância estatística para Entropia quando comparado os grupos LME-NA e GC durante repouso e RV. Não tendo sido encontradas diferenças entre o grupo LME-A e GC. Também foi encontrado diferença estatisticamente significativa para Determinismo entre os grupos com LME (Atletas e Não-Atletas), sendo que o grupo LME-NA apresentou maiores valores. **Conclusão:** Os resultados indicaram uma melhor modulação autonômica no grupo LME-A quando comparado ao grupo LME-NA sendo que o grupo LME-A apresentou resultados mais próximos da normalidade.

Palavras-chave: Traumatismo da Medula Espinal. Sistema Nervoso Autônomo. Realidade Virtual. Atividade Física.

ABSTRACT

Borato, Lucas André. **Heart rate variability modulation during virtual reality game in athletes and non-athletes with spinal cord injury**. 2020. 58 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2020. Original version.

Introduction: Spinal Cord Injury (SCI) is a condition that can be irreversible and lead to disability, generating biopsychosocial changes to the individual. Cardiovascular complications are the main causes of morbidity and mortality, and autonomic dysfunctions are common and serious consequences. For its evaluation and modulation, a promising and viable tool is the Heart Rate Variability (HRV). **Objective:** To analyze the HRV of athletes and non-athletes with SPI during rest and a virtual activity. **Method:** 140 individuals participated in the study and were divided into three groups. (34) Athlete Group with SCI (SCI-A) and (51) Non-Athlete Group with SCI (SCI-NA) and (55) without SCI diagnosis that represent the Control Group (CG). All individuals performed the HRV analysis in two moments: 5-minute rest and during non-immersive virtual reality activity. **Results:** Significant effects were found for Groups and main effect for Moments in all non-linear analyzes, with emphasis on the Recurrence Quantification Analysis, in which statistical significance was found for Entropy when comparing the LME-NA and GC groups during rest and RV. No differences were found between the LME-A and GC groups. There was also a statistically significant difference for Determinism between groups with SCI (Athletes and Non-Athletes), with the SCI-NA group showing higher values. **Conclusion:** The results indicated a better autonomic modulation in the LME-A group when compared to the LME-NA group, and the LME-A group showed results closer to normal.

Keywords: Spinal Cord Injuries. Autonomic Nervous System. Virtual Reality. Physical Activity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do protocolo adotado.....	21
Figura 2 – Representação dos índices de média e erro padrão da Análise de flutuações depuradas de tendências (Detrended fluctuation analysis) para grupos de Atletas com LME, Não-Atletas com LME e controles, em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual).....	31
Figura 3 – Representação dos índices de média e erro padrão da Análise de Quantificação de Recorrência (Recurrence Quantification Analysis) para grupos de Atletas com LME, Não-Atletas com LME e controles, em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual).....	33
Figura 4 – Representação dos índices de média e erro padrão da Dinâmica Simbólica valores absolutos (Symbolic Dynamics) para grupos de Atletas com LME, Não-Atletas com LME e controles, em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual).....	34
Figura 5 – Representação dos índices de média e erro padrão da Dinâmica Simbólica valores percentuais (Symbolic Dynamics) para grupos de Atletas com LME, Não-Atletas com LME e controles, em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual).....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização da amostra.....	30
Tabela 2 – Comparação de índices de VFC para Momentos e Grupos e valores estimados do Linear Mixed Model.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASIA	<i>American Spinal Injury Association</i>
DET	Determinismo
DFA	Detrended fluctuation analysis
ENT	Entropia
GC	Grupo Controle
LME	Lesão Medular Espinal
LME-A	Grupo Atleta com LME
LME-NA	Grupo Não-Atleta com LME
LTPAQ-SCI	Leisure Time Physical Activity Questionnaire for People with Spinal Cord Injury
MIF	Escala de Medida de Independência Funcional
REC	Taxa de Recorrência
RQA	Recurrence Quantification Analysis
RV	Realidade Virtual
SCIM III	Spinal Cord Independence Measure III
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	HIPÓTESE.....	19
4	MÉTODO.....	20
4.1	TIPO DE PESQUISA.....	20
4.2	LOCAL DO ESTUDO.....	20
4.3	CASUÍSTICA.....	20
4.3.1	Critérios de inclusão.....	20
4.3.2	Critérios de exclusão.....	21
4.4.3	Protocolo.....	21
4.4	MEDIDAS FUNCIONAIS.....	22
4.4.1	<i>American Spinal Injury Association (ASIA)</i>.....	22
4.4.2	Escala de Medida de Independência Funcional (MIF).....	23
4.4.3	Spinal Cord Independence Measure III (SCIM III).....	23
4.4.4	Atividade Física em Atleta.....	24
4.4.5	Leisure Time Physical Activity Questionnaire for People with Spinal Cord Injury (LTPAQ-SCI).....	24
4.5	VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC).....	24
4.5.1	<i>Recurrence Quantification Analysis</i>.....	25
<u>4.5.1.1</u>	<u>Taxa de Recorrência (REC)</u>.....	26
<u>4.5.1.2</u>	<u>Determinismo (DET)</u>.....	26
<u>4.5.1.3</u>	<u>Entropia (ENT)</u>.....	26
4.5.2	<i>Análise de flutuações depuradas de tendências (Detrended fluctuation analysis)</i>.....	27
4.5.3	Dinâmica Simbólica.....	27
4.6	SOFTWARE MOVEHERO.....	28
4.7	ANÁLISE DOS DADOS.....	28
5	RESULTADOS.....	30
5.1	VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	31

5.1.1	Análise de flutuações depuradas de tendências (<i>Detrended fluctuation analysis</i>).....	31
5.1.2	Análise de Quantificação de Recorrência (<i>Recurrence Quantification Analysis</i>).....	32
5.1.3	Dinâmica Simbólica (<i>Symbolic Dynamics</i>).....	33
<u>5.1.3.1</u>	<u>Valores absolutos.....</u>	<u>33</u>
<u>5.1.3.2</u>	<u>Valores percentuais.....</u>	<u>35</u>
5.1.4	Análise de regressão.....	36
6	DISCUSSÃO.....	37
7	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	ANEXO A – ASIA.....	47
	ANEXO B – MIF.....	48
	ANEXO C – ESCALA DE MEDIDA DE INDEPENDÊNCIA EM LESÃO MEDULAR – SCIM III.....	50
	ANEXO D – ATIVIDADE FÍSICA EM ATLETA.....	51
	ANEXO E – LEISURE TIME PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE FOR PEOPLE WITH SPINAL CORD INJURY (LTPAQ-SCI).....	52
	ANEXO F – MATERIAL COMPLEMENTAR.....	53

1 INTRODUÇÃO

A Lesão Medular Espinal (LME) é uma condição que pode ser irreversível e levar à incapacidade gerando alterações das funções motora, sensitiva e autônoma com altos custos econômicos e sociais ao indivíduo e sua família (HENAO-LEMA; PEREZ-PARRA, 2010; CRISTANTE, et. al., 2012). Como etiologia principal, a lesão de origem traumática está associada à acidentes de trânsito, lesões por arma de fogo e branca, quedas de altura, mergulho em águas rasas, acidentes esportivos e de trabalho, entre outros. Em menor proporção estão as lesões não traumáticas associadas à fatores congênitos, secundárias à diferentes doenças e intervenções médicas ou cirúrgicas (HENAO-LEMA; PEREZ-PARRA, 2010).

Assim como alterações motoras e sensitivas, os indivíduos com LME podem apresentar elevado risco de depressão, distúrbios do sono, espasticidade, alterações vesicais e gastrointestinais, escaras, disfunção sexual, movimentos involuntários, obesidade e doenças vasculares e respiratórias (CRISTANTE, et. al., 2012). Assim como Peterson *et al.* (2020) demonstraram em seu estudo, no qual avaliaram 6.847 indivíduos com LME, que essa população tem uma prevalência elevada de morbidades psicológicas, doenças crônicas e multimorbidade relacionadas a doenças crônicas.

Segundo Lee et. al. (2013) a LME afeta principalmente homens entre 18 e 32 anos, porém em países desenvolvidos, devido ao envelhecimento da população, homens e mulheres com mais de 65 anos de idade também são bastante afetados. Existem mais de 2,5 milhões de pessoas que vivem com LME em todo o mundo, sendo que informações sobre o número de pessoas com LME e a incidência dessa condição são mínimas, particularmente nos países em desenvolvimento (PRASAD; SAHIN, 2012; LEE et. al., 2013). No Brasil há uma população de quase 170 milhões de pessoas onde cerca de 200 mil são paraplégicos e 50 mil tetraplégicos, havendo também estimativas de 40 novos casos por milhão de habitantes por ano sendo trauma a principal causa (RABEH; CALIRI, 2010).

De forma geral, as consequências da LME dependem do nível em que a medula é danificada. Lesões cervicais e torácicas alta podem resultar em tetraplegia, com perda da função intestinal e da bexiga, lesões na região torácica baixa ou lombar

podem causar paraplegia, também com disfunção intestinal e da bexiga, sendo que, em sua forma mais grave, a LME causa paralisia e perda de sensibilidade em todo o corpo, incapacidade de controlar a função intestinal e da bexiga, dificuldade em controlar funções autonômicas e incapacidade de respirar ou tossir (MCDONALD; BECKER; HUETTNER, 2013).

No que concerne à tetraplegia, segundo Kirshblum *et al.* (2011), o termo se refere à perda das funções motoras e/ou sensoriais nos segmentos cervicais da medula espinal devido a uma lesão de elementos neurais dentro do canal espinal, por sua vez, a paraplegia se refere à essas lesões nos segmentos torácicos, lombares ou sacrais. Os autores ainda afirmam que os termos tetraparesia e paraparesia são desencorajados uma vez que eles descrevem lesões incompletas de maneira imprecisa e sugerem que a tetraplegia e paraplegia deveriam ser usadas apenas para lesões completas da medula, uma vez que a escala *American Spinal Injury Association* (ASIA) fornecem uma melhor descrição da severidade das lesões da medula espinal.

Por sua vez, em relação às disfunções gastrointestinais, Jaglal *et al.* (2009) e Middleton *et al.* (2004) apontam em seus estudos que a taxa de hospitalização por complicações relacionadas a essas podem chegar a 11%. Sendo que a bexiga neurogênica é uma das disfunções gastrointestinais mais comuns e pode afetar negativamente a qualidade de vida do indivíduo (LYNCH; DOBBS; FRIZELLE, 2001; COGGRAVE; NORTON; CODY, 2014; HOLMES; BLANKE, 2019) e os sintomas mais comuns são trânsito colônico lento, constipação e/ou impactação, além de poder causar constrangimento social devido a incontinência. Também, estímulos nocivos abaixo do nível da lesão associados a bexiga neurogênica podem ser um gatilho da hipertensão paroxística que é um sinal da disreflexia autonômica com risco de vida (HOLMES; BLANKE, 2019).

De fato, a gravidade e o nível neurológico da LME, tem grande impacto na função do Sistema Nervoso Autônomo (SNA). Segundo Malmqvist *et al.* (2014) indivíduos com LME acima de T1 frequentemente apresentam vias neurais vagais e simpáticas eferentes intactas inervando o coração. No entanto, eles são privados do controle supraespinal, causando redução da atividade simpática abaixo do nível da lesão. Além disso, os autores ainda afirmam que a perda do controle supraespinal causa alterações morfológicas nos neurônios pré-ganglionares simpáticos e na

hiperresponsividade periférica dos alfa-adrenoceptores. Pacientes LME de T1 à T5 perdem neurônios pré-ganglionares simpáticos cardíacos alterando o fluxo simpático correspondente a lesão para o coração, e da mesma forma a inervação simpática pós-ganglionar do coração sofre alterações plásticas. Entretanto, se lesão ocorrer T6 ou abaixo o indivíduo tem neurônios simpáticos espinhais cardíacos intactos e inervação intacta do coração (MALMQVIST, et. al. 2014).

Devido à essas disfunções autonômicas o controle cardiovascular anormal são consequências comuns e graves após a LME, assim como outras alterações clínicas como choque neurogênico, disreflexia autonômica e hipotensão ortostática (KRASSIOUKOV; CLAYDON, 2006).

É bem descrito na literatura que doenças cardiovasculares são a principal causa de morbidade e mortalidade em indivíduos lesados medulares, a disfunção autonômica causada pela LME também está associada a várias condições que contribuem para o aumento do risco cardiovascular, incluindo anormalidades na pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca, arritmias e uma resposta cardiovascular anormal ao exercício que pode limitar a capacidade de realizar atividade física (MYERS; LEE; KIRATLI, 2007). De fato, Claydon *et al.* (2006) demonstrou que respostas cardiovasculares anormais ao exercício e hipotensão transitória pós-exercício foram comuns em indivíduos com LME cervical. Em lesões cervicais a perda do controle cardiovascular central e reflexo diminui a frequência cardíaca o que causa uma alteração no controle da pressão e redistribuição sanguínea que consequentemente diminui retorno venoso, volume de sistólico e débito cardíaco, enquanto em indivíduos com lesão tóraco-lombar a resposta cardiovascular ao exercício é parecida com a de indivíduos sem LME. (KRASSIOUKOV; WEST, 2014).

Em um estudo, West; Romer e Krassioukov (2013), constataram que atletas de *Rugby* com LME cervical possuem pouca ou nenhuma hipotensão ortostática e uma substancial taquicardia induzida por exercício, apresentando também alguma ativação de controle simpático descendente que é importante para a performance de exercícios. Durante a competição, atletas com LME tem uma resposta diminuída da frequência cardíaca em relação à indivíduos sem LME (GEE *et al.*, 2020). Também é determinante para a performance de atletas de elite com LME cervical se as lesões

são completas ou não e, por conseguinte, a habilidade do sistema cardiovascular a responder ao estímulo do exercício (WEST; ROMER; KRASSIOUKOV 2013).

Em consequência disso, medidas para mensurar as funções autonômicas vem sendo utilizada com frequência (JAN *et al.*, 2013). Uma ferramenta promissora que vem ganhando destaque é a Variabilidade da Frequência cardíaca, pois é uma medida simples e não invasiva (VANDERLEI *et al.*, 2009), que se mostrou promissora em indivíduo com LME para quantificar as funções autonômicas residuais do sistema cardiovascular (DITOR *et al.*, 2005; MILLAR *et al.*, 2009; LA FOUNTAINE *et al.*, 2010). Na qual, uma alta VFC é sinal de boa adaptação autonômica com mecanismos eficientes, e por sua vez, uma VFC baixa é um indicador de adaptação anormal e insuficiente do SNA, indicando mal funcionamento fisiológico (PUMPRLA *et al.*, 2002).

A VFC pode ser analisada através do domínio do tempo, domínio da frequência e de medidas não-lineares podendo ser descrita em longo prazo (24h), curto prazo (< 30min) ou ultracurto prazo (> 5min) (SHAFFER; GINSBERG, 2017; CATAL *et al.*, 2019). A VFC em geral é analisada através dos domínios do tempo e da frequência, que, respectivamente, quantificam o total de variabilidade entre dois batimentos cardíacos (intervalo R-R) consecutivos e estima a distribuição de potência absoluta ou relativa em quatro faixas de frequência (ultrabaixa, muito baixa, baixa e alta). E por sua vez, a análise não-linear consegue quantificar a imprevisibilidade e complexidade de uma série de intervalos R-R (GODOY; TAKAKURA; CORREA, 2005; SHAFFER; GINSBERG, 2017).

Dessa maneira, existe um crescente interesse da comunidade científica em realizar análises não-lineares da VFC tanto em repouso quanto em resposta a diferentes estímulos uma vez que o corpo humano, como qualquer outro sistema biológico, apresenta uma natureza dinâmica complexa que não pode ser descrita de maneira linear. Esses padrões complexos podem ser descritos pela teoria do Caos que, por sua vez, expõe elementos que possuem um comportamento determinísticos que não se repetem e são extremamente sensíveis às condições iniciais (GODOY; TAKAKURA; CORREA, 2005; VANDERLEI *et al.*, 2009). O coração saudável possui oscilações complexas e de mudança constante, permitindo assim, que o sistema cardiovascular se ajuste de maneira rápida a mudanças físicas e psicológicas à homeostase (SHAFFER; GINSBERG, 2017).

Um método que vem se mostrando viável e eficaz para identificar alterações e avaliar o sistema autonômico em diversas situações, é realizar a análise da VFC junto à realização de atividades de Realidade Virtual (RV) (MALIŃSKA *et al.*, 2015; BLUM; ROCKSTROH; GÖRITZ, 2019; ROCKSTROH; BLUM; GÖRITZ, 2019). Por meio de um ambiente 3D, o usuário interage na RV com dispositivos remotos de entrada, como teclado ou mouse, ou por meios mais avançados como câmera, óculos e luvas especiais (YANOVICH; RONEN, 2015). Além de sua utilização ser um conceito moderno de tratamento que estimula funções físicas e cognitivas (FERNANI *et al.*; 2013). Basicamente, a RV é uma maneira de interação entre humanos e computadores no qual humanos conseguem visualizar, se conectar e interagir com computadores, podendo ser totalmente imersiva através de dispositivos como, por exemplo, projetores de larga escala e capacetes ou não-imersiva utilizando uma variedade de outros dispositivos, como luvas, *mouses* e *joysticks*, no qual o usuário interage com diferentes níveis de ambiente em uma tela de computador (HENDERSON; KORNER-BITENSKY; LEVIN, 2007; RIZZO; SHILLING, 2017; MASSETTI *et al.*, 2018).

Apesar da modernidade propiciada pelo avanço da tecnologia, não estão elucidadas as alterações autonômicas, suas influências e diferenças entre indivíduos atletas e não atletas que possuem LME frente ao repouso e à RV.

2 OBJETIVOS:

2.1 OBJETIVOS GERAIS:

Avaliar as alterações na modulação da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso e uma atividade de realidade virtual em atletas e não atletas com lesão medular.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Comparar os níveis não lineares da VFC em posição sentado em voluntários com LME.
- Comparar os níveis não lineares da VFC durante uma atividade de Realidade Virtual em voluntários com LME.

3 HIPÓTESE:

A hipótese desse estudo foi que participantes atletas teriam maior VFC do que os participantes não-atletas.

4 MÉTODO:

4.1 TIPO DE PESQUISA

Trata-se de um ensaio clínico transversal.

4.2 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado em duas localidades, no Instituto Faca na Cadeira, localizado em São Caetano do Sul - SP para coleta com atletas, enquanto a coleta dos não-atletas e grupo controle foi realizada no Acreditando – Centro de Recuperação Neuromotora, Saúde e Bem Estar em São Paulo - SP.

4.3 CASUÍSTICA

Foram avaliados 140 voluntários com idade entre 16 e 74 anos, dos quais 85 possuíam diagnóstico de LME divididos em dois grupos, 34 indivíduos no Grupo Atleta com LME (LME-A) e 51 indivíduos no Grupo Não-Atleta com LME (LME-NA) além de 55 sem diagnóstico de LME que representam o Grupo Controle (GC). Todos os grupos realizaram a análise de VFC em repouso na posição sentado e durante uma atividade de realidade virtual.

4.3.1 Critérios de inclusão

Foram incluídos os voluntários com diagnóstico médico de lesão medular que concordaram em participar da pesquisa e que apresentaram atividade motora preservada para extensão de membros superiores e controle de tronco ativo.

4.3.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos os voluntários que apresentaram incapacidades funcionais de membros superiores para a realização do jogo, diagnóstico de doenças cardíacas ou outras alterações neurológicas não decorrentes da LME, o consumo de medicamentos que não fazem parte de sua rotina habitual de tratamento e que influenciasse nos sistemas cardíacos e nervoso, e voluntários que apresentaram um erro maior que 5% na análise da VFC. Não houveram voluntários que não se adaptaram bem à RV, dessa maneira não foi necessária a inclusão da inadaptabilidade à ambientes virtuais como critério de exclusão.

4.3.3 Protocolo

Os participantes foram avaliados inicialmente quanto à classificação funcional, além da avaliação da VFC na qual permaneceram em repouso por 5 minutos em sedestação. Em um segundo momento foi realizada a tarefa virtual através do jogo MoveHero concomitante com as análises da VFC por mais 8 minutos (sendo 2 músicas de 3 minutos e uma de 2 minutos), como descrito na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do protocolo adotado.

Fonte: Lucas André Borato, 2020.

4.4 MEDIDAS FUNCIONAIS

Para avaliação da funcionalidade de cada paciente, foram aplicadas as escalas *American Spinal Injury Association* (ASIA) e Escala de Medida de Independência Funcional (MIF) para caracterização da amostra; a *Spinal Cord Independence Measure* III (SCIM III) para associação com os índices de VFC. O questionário Atividade Física em Atleta foi aplicado nos indivíduos com lesão medular do grupo atleta para verificar se os mesmos poderiam se encaixar na definição de atleta ativo. Enquanto o questionário *Leisure Time Physical Activity Questionnaire for People with Spinal Cord Injury* (LTPAQ-SCI) foi utilizado para verificar o grau de atividade física do indivíduo com lesão medular não atleta.

4.4.1 *American Spinal Injury Association* (ASIA) - ANEXO A

A *American Spinal Injury Association* elaborou uma escala de comprometimento que é baseada na completude da lesão e na função motora e sensorial (DE FRANÇA *et al.*, 2011). Essa escala classifica as LME em cinco graus

de A, B, C, D e E sendo que ASIA A: lesão completa, função motora e sensorial ausentes. ASIA B: lesão incompleta, possui alguma função sensorial, mas nenhuma função motora. ASIA C: lesão incompleta, função motora com um grau muscular inferior a 3 abaixo do nível da lesão. ASIA D: lesão incompleta, função motora com grau superior ou igual a 3 abaixo do nível da lesão. ASIA E: normal, funções motoras e sensorial normal (recuperação completa) podendo ainda apresentar reflexos anormais ou outros fenômenos neurológicos (VAN MIDDENDORP *et al.*, 2011; ROBERTS; LEONARD; CEPELA, 2017).

4.4.2 Escala de Medida de Independência Funcional (MIF) - ANEXO B

A Escala de Medida de Independência Funcional (MIF) é um instrumento para avaliar a incapacidade de pessoa com restrições funcionais. Essa ferramenta avalia os domínios motor e cognitivo/social como autocuidado, controle esfinteriano transferências, locomoção, comunicação, compreensão, expressão, interação social, resolução de problemas, e memória. A mensuração feita para cada atividade recebe uma pontuação que varia de 1 a 7 sendo que o nível 1 representa uma dependência total e o nível 7 representa independência completa, sendo assim o total da escala varia entre 18 e 126 pontos (RIBERTO, 2005; AGUIAR DA SILVA *et al.*, 2012).

4.4.3 Spinal Cord Independence Measure III (SCIM III) - ANEXO C

A SCIM III (medida de independência em lesão medular) é uma escala de avaliação da habilidade funcional, desenvolvida especificamente para indivíduos com lesão medular. A escala consiste em 19 tarefas da vida diária graduadas pelo nível de dificuldade em realiza-las e são divididas em 3 subescalas, sendo elas: Autocuidados, Alterações da Respiração e Esfínteres e Mobilidade (contemplando 6 itens com pontuação entre 0 e 20; 4 itens com pontuação entre 0 e 40; 9 itens com pontuação entre 0 e 40, respectivamente). A pontuação dessa escala varia entre 0 e 100 sendo que valores maiores indicam uma melhor autonomia funcional do indivíduo avaliado. (ITZKOVICH *et al.*, 2003; ANDERSON *et al.*, 2011; FEKETE *et al.*, 2013).

4.4.4 Atividade Física em Atleta – ANEXO D

Questionário composto de itens que justifique a atuação como atleta em relação à performance/resultado, quantificando o tempo despendido aos treinos e também às competições

Para ser considerado atleta, o indivíduo teve que atender todos os critérios de acordo com Araújo e Scharhag, (2016); Van Slingerland *et al.* (2019): eles dedicam horas ao treinamento e competições esportivas durante a semana com o objetivo de melhorar seu desempenho e resultados; o tempo que dedicam ao (s) esporte (s) excede o tempo que dedicam a outras atividades; eles participam ativa e regularmente de esportes regulamentados, competições locais / regionais, nacionais, nível internacional ou profissional; eles estão formalmente registrados em um local, organização ou clube esportivo nacional ou profissional regulador do esporte.

4.4.5 Leisure Time Physical Activity Questionnaire for People with Spinal Cord Injury (LTPAQ-SCI) – ANEXO E

O questionário que teve sua confiabilidade e validade preliminarmente testada em um estudo de Martin Ginis *et al.* (2012) procura caracterizar de forma descritiva as informações de participação em atividades cotidianas em uma amostra de indivíduos com Lesão Medular, graduando-as em leve, moderada e alta intensidade. O domínio utilizado avalia o tempo despendido nas atividades de lazer, como exercícios leves, esportes, jardinagem e passear com o cachorro por exemplo, nos últimos sete dias. Atividades físicas necessárias como fisioterapia, mercado, transferências e tocar a cadeira de rodas não foram consideradas como cotidiana e foram quantificadas da mesma forma no último item.

4.5 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

A análise da VFC foi feita sob as orientações da *Task Force* da Sociedade Europeia de Cardiologia e Sociedade Norte-Americana de Estimulação e Eletrofisiologia (TFESC; NASPE, 1996). A VFC foi monitorizada utilizando o dispositivo de medição eletrocardiográfica Polar RS800CX (Polar Electro, Finlândia), com uma taxa de amostragem de 1000 Hz. Os dados foram transferidos para o programa *Polar Precision Performance* (v.3.0), que permite a visualização da Frequência Cardíaca e a extração de um período cardíaco (intervalos RR, a variação de batimento a batimento de separações) através de arquivo no formato “.txt.”. Para a análise dos dados da VFC na posição sentada, foram analisados 1000 intervalos RR consecutivos, e para a análise da VFC para a tarefa computacional, o número de intervalos RR consecutivos obtidos foi exatamente de 256 intervalos RR. A filtragem digital complementada pela filtragem manual foi realizada para eliminar artefatos e apenas séries com mais de 95% dos batimentos sinusais foram incluídas no estudo (GODOY; TAKAKURA; CORREA, 2005). A análise da VFC foi realizada por técnicas globais caóticas, pois este método de análise foi demonstrado como mais sensíveis do que os métodos convencionais lineares e não-lineares (GARNER; LING, 2014).

4.5.1 Recurrence Quantification Analysis

Inicialmente proposto por Eckmann, Kamphorst e Ruelle (1987), o Gráfico de Recorrência (GR) tinha a função de visualizar os comportamentos tempo-dependente de orbitas no espaço fásico. Esses gráficos revelaram a existência de segmentos de pequenas linhas paralelas a diagonal do GR, já amostras aleatórias não apresentavam esse padrão de seguimentos de pequenas linhas. Entretanto, como o gráfico fornece apenas uma análise qualitativa da recorrência e conforme o número de recorrências e de segmentos de pequenas linhas paralelas aumenta a visualização do gráfico fica dificultada, Zbilut e Webber (1992) propuseram a *Recurrence Quantification Analysis* (RQA) como maneira de quantificar o efeito do GR (WESSEL *et al.*, 2001; MARWAN; KURTHS, 2002). Dessa maneira, podemos utilizar a RQA para quantificar essas linhas diagonais no gráfico e conseguir dados como a Taxa de

Recorrência (REC), Determinismo (DET) e Entropia (ENT) (WESSEL *et al.*, 2001; VANZELLA *et al.*, 2018).

4.5.1.1 Taxa de Recorrência (REC)

REC é a razão de todos os estados recorrentes para todos os estados possíveis, assim, a probabilidade de recorrência de um determinado estado sendo que diagonais curtas são causadas por comportamento estocástico e diagonais mais longas por comportamento determinístico (MARWAN; KURTHS, 2002; VANZELLA *et al.*, 2018).

4.5.1.2 Determinismo (DET)

DET é definido como a razão dos pontos de recorrência que formam diagonais para todos os pontos de recorrência (WESSEL *et al.*, 2001; MARWAN; KURTHS, 2002). Dados estocásticos ou muito flutuantes causam diagonais curtas ou não causam diagonais, enquanto sistemas determinísticos causam diagonais mais longas (MARWAN; KURTHS, 2002).

4.5.1.3 Entropia (ENT)

A ENT é definida como a entropia de Shannon no histograma do comprimento da diagonal e representa a complexidade da estrutura determinística do sistema (WESSEL *et al.*, 2001; MARWAN; KURTHS, 2002). Calculada com base na frequência de distribuição do comprimento da linha diagonal (WEBBER; ZBILUT, 1995; VANZELLA *et al.*, 2018). Sendo que sistemas estacionários causam gráficos mais homogêneos enquanto sistemas não-estacionários causam mudanças no gráfico referente a distribuição dos pontos de recorrência que são visíveis por áreas brilhantes (MARWAN; KURTHS, 2002).

4.5.2 Análise de flutuações depuradas de tendências (*Detrended fluctuation analysis*)

Detrended fluctuation analysis (DFA) é um método que, quantificando a presença ou falta de uma correlação fractal em uma série de intervalos R-R, caracteriza a correlação entre intervalos R-R sucessivos sobre diferentes escalas de tempo (SASSI *et al.*, 2015; SHAFFER; GINSBERG, 2017; CATAI *et al.*, 2019). Essa análise resulta em dois índices específicos, α_1 que descreve flutuações breves (correspondendo a períodos de 4 a 11 batimentos) e α_2 que descreve flutuações a longo prazo (correspondendo a períodos acima de 11 batimentos) (ROSSI *et al.*, 2014; SHAFFER; GINSBERG, 2017; CATAI *et al.*, 2019). Sendo que as correlações de curto prazo refletem o reflexo do barorreceptor e as correlações de longo prazo refletem os mecanismos regulatórios que limitam a flutuação do ciclo de batimento (SHAFFER; GINSBERG, 2017).

4.5.3 Dinâmica Simbólica

Proposto por Porta *et al.* (2001) como uma abordagem integral à análise da complexidade da variabilidade do período cardíaco, essa técnica é baseada na transformação de séries de intervalos R-R em uma sequência de símbolos e pode auxiliar na distinção das modulações cardíacas simpáticas e parassimpáticas (TAKAHASHI *et al.*, 2012; CATAI *et al.*, 2019). Segundo Catai (2019), a série de intervalos R-R é quantificada e distribuída em níveis que variam de 0 a 5, assim, construindo padrões de três símbolos em sequência agrupados em famílias. Sendo 0V padrões sem variação, 1V padrões com uma variação, 2LV padrões com duas variações semelhantes e 2UV padrões com duas variações diferentes. Após esse processo, 0V%, 1V%, 2LV%, 2UV% são avaliados em taxas de ocorrência, no qual, 0% é um índice representativo de modulações cardíacas autonômicas simpáticas, 1V% representa ambas modulações simpática e parassimpática, enquanto 2UV% e

2LV% representa as modulações parassimpáticas (GUZZETTI *et al.*, 2005; CATAI *et al.*, 2019).

4.6 SOFTWARE MOVEHERO

O Software MoveHero é um jogo, que ao som de músicas previamente escolhidas, apresenta esferas que caem de maneira aleatória, em quatro colunas imaginárias na tela de um computador. O objetivo do jogo consiste em não deixar essas esferas passarem por alvos posicionados em dois níveis de altura a esquerda (alvos 1 e 2) e a direita (alvos 3 e 4) do jogador. Entretanto, as bolas só podem ser tocadas quando as mesmas alcançarem esses mesmos alvos. O jogo capta os movimentos do participante por meio de uma webcam. O participante, que é posicionado a uma distância da tela do computador na qual a webcam consiga captar sua envergadura, deve movimentar os membros superiores para alcançar as esferas quando elas começarem a sobrepor um dos círculos alvo (momento em que as esferas mudam a cor para verde). O jogo oferece feedback de acerto através de uma numeração (+1) que aparece ao lado das esferas corretamente atingidas, existe também o marcador de pontuação total que é visível no canto superior esquerdo da tela que soma 10 pontos para cada acerto (MARTINS *et al.*, 2019). Para este protocolo, foi adotado duas músicas de 3 minutos e uma música de 2 minutos, totalizando 8 minutos de atividade de RV.

4.7 ANÁLISE DOS DADOS

Estatística descritiva foi realizada. Os dados categóricos foram expressos em frequências absolutas e relativas, enquanto os dados contínuos foram expressos em média e erro padrão nos gráficos e em média, desvio padrão (DP) e intervalo de confiança (IC) na Tabela 2 (Material Complementar). A normalidade dos dados foi avaliada pelo histograma com análise da curva de normalidade. Para os dados dos resultados, foi realizado linear mixed models (LMM) para determinar as alterações médias nos índices de VFC, de acordo com três grupos [Atletas com LME (LME-A),

Não atletas com LME (LME-NA) e Controles sem LME (GC)] e duas medidas repetidas (momentos: Repouso; Realidade virtual). Utilizamos a regressão linear para testar as associações entre os índices de VFC (DFA total, Recorrência, 1Vp) e idade, sexo, nível neurológico (contínuo), ASIA, SCIM-III e MIF. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos. O pacote estatístico utilizado foi o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS; IBM, Chicago, Illinois, EUA), versão 26.0.

5 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a caracterização da amostra. Ao comparar os três grupos, não houve diferenças significativas em relação à idade e gênero. Comparando atletas e não atletas com LME, foram semelhantes no nível neurológico, quando se trata de dados contínuos. Ao comparar a MIF e o SCIM-III, os atletas com LME apresentaram melhor função do que os não atletas com LME havendo diferença significativa entre esses dois grupos. Em relação à ASIA, havia uma quantidade semelhante de pessoas com as séries A e B entre os grupos, no entanto, os não atletas com LME apresentaram um número significativamente maior de indivíduos com as séries C e D do que os atletas com LME.

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Variáveis	Atletas - LME LME-A Média (DP) [95% IC: LI; LS] n = 34	Não-Atletas - LME LME_NA Média (DP) [95% IC: LI; LS] n = 51	Controle GC Média (DP) [95% IC: LI; LS] n = 55	valor de p
Idade (anos)	38.5 (10.9) [34.7, 42.3]	40.4 (14.2) [36.4, 44.5]	39.7 (12.4) [36.3, 43.1]	0.267
Nível neurológico (dados contínuos)	12.5 (6.0) [10.4, 14.6]	12.0 (6.4) [10.1, 14.0]	-	0.912
MIF	114.2 (9.8) [110.4, 118.1]	92.7 (28.1) [82.9, 102.5]	-	< 0.001
SCIM-III	62.7 (9.4) [58.2, 67.1]	54.3 (17.0) [48.4, 60.2]	-	0.018
	n (%)	n (%)	n (%)	
Gênero				
Masculino	28 (82.4)	33 (64.7)	32 (58.2)	0.064
Feminino	6 (17.6)	18 (35.3)	23 (41.8)	
ASIA				
A	20 (58.8)	15 (29.4)	-	0.002
B	10 (29.4)	5 (9.8)	-	
C	1 (2.9) §	10 (19.6)	-	
D	0 (0) §	5 (9.8)	-	

LME: Lesão medular espinal; A: Atleta; NA: Não-Atleta; GC: Grupo Controle; Os dados apresentados como Média (Desvio Padrão - DP) e [Intervalo de Confiança - IC 95%], seguidos pelo valor de p do teste ANOVA One-Way para a idade com LSD como teste post-hoc; teste-t de amostras independentes

para nível neurológico, medidas de independência funcional (MIF) e medida de independência da medula espinhal - versão II (SCIM-III) (entre grupos de LME); qui-quadrado com Bonferroni como teste post-hoc (para comparação entre os grupos) para gênero e a escala de comprometimento da American Spinal Injury Association (ASIA).

Fonte: Lucas André Borato, 2020.

5.1 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

5.1.1 Análise de flutuações depuradas de tendências (*Detrended fluctuation analysis*)

Foram encontrados efeitos significativos para Grupos para DFA total ($p < 0,001$) e α_2 ($p < 0,001$), nos quais o GC apresentou menor DFA total e α_2 em comparação aos Atletas e Não-Atletas com LME. Não foram encontradas diferenças entre Atletas e Não-Atleta com LME (Figura 2 e Tabela 2 do Material Complementar).

Não foi encontrado efeito principal para Momentos (Repouso e Realidade Virtual), no entanto, os testes post hoc mostraram os grupos com LME (Atletas e Não-Atletas) apresentaram diferenças significativas com o Grupo Controle nos índices DFA total e α_2 em ambos momentos, Repouso e Realidade Virtual (Figura 1 e Tabela 2 do Material Complementar).

Figura 2. Representação dos índices de média e erro padrão da Análise de flutuações depuradas de tendências (*Detrended fluctuation analysis*) para grupos de Atletas com LME, Não-Atletas com LME e controles, em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual).

LME: Lesão medular espinal; DFA: *Detrended fluctuation analysis* α_1 : Componente de curto prazo; α_2 : Componente de longo prazo; * $p \leq 0.05$; ** $p > 0.05$ e ≤ 0.09 .

Fonte: Lucas André Borato, 2020.

5.1.2 Análise de Quantificação de Recorrência (*Recurrence Quantification Analysis*)

Foram encontrados efeitos significativos para Grupos para Recorrência ($p = 0.045$) e Entropia ($p = 0.012$), e efeito marginal para Determinismo ($p = 0,051$). Para Recorrência o grupo LME-NA apresentou valores maiores com significância marginal quando comparado com o GC ($p = 0.082$ durante o repouso e $p = 0.074$ durante a RV). Para Entropia o grupo LME-NA apresentou valores maiores com diferença significativa quando comparado ao GC em ambos momentos repouso ($p = 0.024$) e RV ($p = 0.044$). Não foram encontradas diferenças entre o grupo LME-A e GC. Para Determinismo foi encontrado diferença estatisticamente significativa ($p = 0.034$) e para Entropia foi encontrado efeito marginal ($p = 0.056$) entre os grupos com LME (Atletas e Não-Atletas), no qual o grupo LME-NA apresentou maiores valores do que o grupo LME-A (Figura 3 e Tabela 2 do Material Complementar).

Foi encontrado efeito principal para Momentos (Repouso e Realidade Virtual) na Entropia nos grupos LME-A ($p = 0.004$) e LME-NA ($p = 0.035$), e efeito marginal na Recorrência para o grupo LME-A ($p = 0.063$), os testes post hoc mostraram os grupos apresentaram menores valores destes índices no Repouso (Figura 3 e Tabela 2 do Material Complementar).

Figura 3. Representação dos índices de média e erro padrão da Análise de Quantificação de Recorrência (*Recurrence Quantification Analysis*) para grupos de Atletas com LME, Não-Atletas com LME e controles, em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual).

LME: Lesão medular espinal; Rec: Recorrência; Det: Determinismo; Ent: Entropia; * $p \leq 0.05$; ** $p > 0.05$ e ≤ 0.09 .

Fonte: Lucas André Borato, 2020.

5.1.3 Dinâmica Simbólica (*Symbolic Dynamics*)

5.1.3.1 Valores absolutos

Foram encontrados efeitos significativos para Grupos e para Momentos nos índices OV ($p = 0.049$; $p < 0.001$ respectivamente) e 1V ($p = 0.001$; $p < 0.001$ respectivamente) teste post-hoc mostrou que no índice OV os grupos com LME (Atletas e Não-Atletas) apresentaram valores maiores do que o GC apenas durante a Realidade Virtual, já no índice 1V em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual) o grupo LME-NA apresentou menores valores do que o GC, e durante a Realidade Virtual o grupo LME-A apresentou menor 1V do que o grupo LME-NA (Figura 4 e Tabela 2 do Material Complementar). Efeito principal para Momentos foi encontrado no índice 2UV ($p < 0.001$), no qual ocorreu um aumento dos valores entre Repouso e Realidade Virtual nos Grupos Controle e LME-NA. Não foi encontrada nenhuma diferença no índice 2LV.

Figura 4. Representação dos índices de média e erro padrão da Dinâmica Simbólica valores absolutos (*Symbolic Dynamics*) para grupos de Atletas com LME, Não-Atletas com LME e controles, em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual).

LME: Lesão medular espinal; OV: sem variações; 1V: uma variação; 2LV: 2 variações iguais; 2UV: 2 variações diferentes; * $p \leq 0.05$.

Fonte: Lucas André Borato, 2020.

5.1.3.2 Valores percentuais

Foram encontrados efeitos significativos para Grupos no índice 1Vp ($p = 0.001$) e marginal no índice 0Vp (0.084) e para Momentos nos índices 0Vp ($p = 0.002$), 1Vp ($p < 0.001$) e 2LVp ($p < 0.001$). O teste post-hoc mostrou que no índice 0V o grupo LME-A apresentou valores maiores do que o GC apenas durante a Realidade Virtual, já no índice 1Vp em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual) os grupos com LME (Atleta e Não-Atleta) apresentaram menores valores do que o GC. Durante o repouso o grupo LME-A apresentou maior 2UVp do que o GC ($p = 0.018$), e durante o repouso o grupo LME-NA apresentou tendência a menor 2LVp ($p = 0.057$) do que o GC (Figura 5 e Tabela 2 do Material Complementar).

Figura 5. Representação dos índices de média e erro padrão da Dinâmica Simbólica valores percentuais (*Symbolic Dynamics*) para grupos de Atletas com LME, Não-Atletas com LME e controles, em ambos os momentos (Repouso e Realidade virtual).

LME: Lesão medular espinal; 0Vp: percentual sem variações; 1Vp: percentual de uma variação; 2LVp: percentual de 2 variações iguais; 2UVp: percentual de 2 variações diferentes; * $p \leq 0.05$; ** $p > 0.05$ e ≤ 0.09 .

Fonte: Lucas André Borato, 2020.

5.1.4 Análise de regressão

Para entender quais fatores podem influenciar a resposta da VFC, foram realizadas duas análises de regressão entre DFA total, Recorrência e 1Vp (como variáveis dependentes) e sexo, idade, nível neurológico (dados contínuos), ASIA, SCIM-III e MIF. A análise não revelou modelos de regressão significativos, ou seja, as variáveis dependentes não influenciaram nos índices avaliados de VFC.

6 DISCUSSÃO

De acordo com nosso conhecimento, esse foi o primeiro estudo a analisar e comparar as respostas fisiológicas do sistema nervoso autonômico durante uma atividade de Realidade Virtual (RV) em indivíduos com LME atletas e não-atletas. Os resultados encontrados nesse estudo estão de acordo com a literatura na qual demonstra que atletas com LME possuem uma melhor resposta autonômica e uma melhor VFC do que não atletas com LME, além de sugerir que a prática de exercício também promove uma melhor resposta autonômica (MILLAR *et al.*, 2009; WEST *et al.*, 2015; GEE *et al.*, 2020). Por exemplo, Agiovlasitis *et al.* demonstraram que atletas universitários com paraplegia tinham uma menor complexidade da frequência cardíaca em repouso e como resposta a uma série de 2 minutos de preensão palmar estática do que indivíduos ativos sem LME.

O principal achado desse estudo foi na Análise de Quantificação da Recorrência, no qual o grupo LME-NA, quando comparado com o grupo LME-A, apresentou, durante o repouso, diferença significativa no índice Determinismo ($p = 0.034$) e significância marginal no índice Entropia ($p = 0.056$) indicando assim, um melhor controle autonômico durante o repouso dos indivíduos com LME atletas. Myers; Lee; Kiratli (2007) demonstraram que indivíduos com LME apresentam um déficit nos mecanismos autonômicos de controle cardiovascular. De fato, esse estudo demonstrou que os voluntários do grupo LME-NA, quando comparado com o GC, apresentaram valores maiores com diferenças estatisticamente significantes para Entropia tanto em repouso ($p = 0.024$) quanto durante a atividade de realidade virtual ($p = 0.044$), além de significância marginal para Recorrência em repouso e durante RV ($p = 0.082$ e $p = 0.074$, respectivamente) acusando uma pior modulação autonômica do grupo LME-NA o que condiz com o exposto por Buker; Oyarce; Plaza (2018). Porém, o GC não apresentou valores com diferença estatisticamente significativa quando comparados ao grupo LME-A, o que corroboraria com a afirmação supracitada de que a prática crônica de exercícios atenuaria as alterações na modulação da VFC causadas pela lesão medular. Esses achados são importantes uma vez que o a análise da VFC através dos gráficos de recorrência utilizando o método RQA se mostrou eficaz para avaliar sistemas fisiológicos (WEBBER; SCHMIDT; WALSH, 1995; WEBBER; ZBILUT 2005).

Devido ao comportamento fractal de uma série temporal de batimentos cardíacos, a análise depurada de tendências permite que sejam mensuradas as correlações de autossimilaridade da VFC (MILLAR *et al.*, 2009). Esse estudo apontou que não houveram diferenças estatisticamente significantes no índice α_1 entre os grupos em ambos os momentos, o que demonstra que as flutuações de curto período podem não ser afetadas pela LME, essas flutuações indicam uma regulação interna do ritmo cardíaco que coincide com o aumento da frequência cardíaca no início do exercício (PLATISA *et al.*, 2008; GRONWALD *et al.*, 2018). Talvez, teriam sido encontradas diferenças significativas entre os grupos caso o esforço durante a RV tivesse sido maior como foi demonstrado nos estudos de Hautala *et al.* (2003) e Gronwald *et al.* (2018). Entretanto, foi encontrada diferenças significativas entre os grupos GC e LME-NA durante o repouso e a RV nos índices α_2 e DFA total ($p < 0.001$ e $p = 0.038$, respectivamente) enquanto quando comparados os grupos GC e LME-A houve uma diferença marginalmente significativa no índice DFA total durante o repouso ($p = 0.072$) e estatisticamente significativa nos índices α_2 em repouso ($p = 0.044$) e RV ($p = 0.001$) além do DFA total durante RV ($p = 0.016$). Esses resultados apontam um déficit no controle autonômico a longo prazo, uma vez que sistemas complexos tentam manter uma estabilidade entre a ordem, ou comportamento estocástico, e a desordem, ou comportamento aleatório (GRONWALD *et al.*, 2018), dos grupos LME comparados ao GC. Entretanto, todos os grupos mantiveram valores próximos a 1 durante o repouso, o que representaria um equilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático em indivíduos saudáveis (STRUZIK, 2004; CASTIES; MOTIET; GALLAIS, 2006). Interessantemente, o GC apresentou valores médios menores que os outros grupos no índice α_2 tanto no repouso quanto na RV (0.84 e 0.77, respectivamente) o que segundo Catai *et al.* (2019) indica valores mais próximos à aleatoriedade o que representaria uma melhor resposta autonômica. Porém, o índice α_2 aparenta representar melhor o comportamento fractal da VFC em análises de longa duração (24 h) (SASSI *et al.*, 2015; SHAFFER; GINSBERG, 2017).

O sistema nervoso autônomo parassimpático tem uma maior dominância sobre o corpo humano durante o repouso, havendo assim uma maior modulação vagal e por sua vez uma frequência cardíaca menor e uma VFC maior. Entretanto durante o início do exercício temos uma diminuição da ação vagal e posterior aumento da atividade simpática (GRONWALD *et al.*, 2018). A análise da dinâmica simbólica é capaz de

identificar e discriminar a ação dos sistemas simpático e parassimpático através da VFC (PORTA *et al.*, 2001; GUZZETI *et al.*, 2005; CATAI *et al.*, 2020). Apesar dos valores percentuais dos índices serem os utilizados para essa análise (PORTA *et al.*, 2001; GUZZETI *et al.*, 2005) esse estudo também analisou os valores absolutos com o intuito de fornecer uma análise mais minuciosa destes índices.

Como esperado, durante o repouso não houve diferenças estatisticamente significantes no índice 0V, tanto nos valores absolutos quanto nos percentuais, uma vez que esse índice representa o sistema nervoso simpático. Porém, durante a realização da atividade de RV os grupos LME-NA e LME-A apresentaram diferença estatisticamente significativa quando comparado ao GC nos valores absolutos ($p = 0.029$ e $p = 0.038$, respectivamente), enquanto nos valores percentuais, apenas o grupo LME-A apresentou diferença marginalmente significativa quando comparado ao GC ($p = 0.054$). Porém, o grupo LME-NA apresentou valores maiores que o GC. Apesar dos grupos com LME terem apresentado valores maiores, dificilmente esse resultado representaria uma melhor função do sistema simpático desses indivíduos, uma vez que o GC representaria valores normais e esperados da VFC. De fato, fatores que podem modificar esses índices podem ser devido a diminuição da função de órgãos, perda das interações de subsistemas do corpo, dominância de ação de um subsistema sobre outro, ou déficit de mecanismos regulatórios (PORTA *et al.*, 2009; TAKAHASHI *et al.*, 2012). Achados prévios demonstraram que populações que possuem déficits quando comparados a indivíduos jovens ou saudáveis possuem o índice 0V com valores maiores o que representaria um maior risco cardiovascular e de mortalidade (PUMPRLA *et al.*, 2002; STEIN *et al.*, 2005; TAKAHASHI *et al.*, 2012; NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Nos índices 2LV e 2UV, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para valores absolutos. Todavia, para valores percentuais, durante o repouso foi encontrada diferença marginalmente significativa entre os grupos GC e LME-NA ($p = 0.057$) no índice 2LV, sendo que o GC apresentou valores maiores que o grupo LME-NA, e também foi encontrada diferença significativa para o índice 2UV sendo que o grupo LME-A apresentou valores maiores que o GC ($p = 0.018$). Esse achado representa que indivíduos portadores de LME apresentam uma ação vagal mais próxima da normalidade sendo que os atletas apresentam uma tendência de melhor adaptação parassimpática que os não atletas. Esse achado está de acordo

estudos que demonstraram que atletas possuem uma melhor modulação parassimpática do que não atletas (CARTER; BANISTER; BLABER, 2003; BOULLOSA *et al.*, 2009). Enquanto os valores menores para esses índices no grupo LME-NA concordam com outros estudos que demonstram que indivíduos que apresentam déficits quando comparados com jovens e saudáveis apresentam um sistema parassimpático com valores menores (RIBEIRO *et al.*, 2001; TAKAHASHI *et al.*, 2012).

No que diz respeito ao índice 1V, foi encontrado durante o repouso diferença estatisticamente significativa entre os grupos GC e LME-A nos valores absolutos ($p = 0.040$) e diferença estatisticamente significativa entre grupos GC e LME-NE e LME-A para valores percentuais ($p = 0.007$ e $p = 0.043$, respectivamente). Por sua vez, durante o jogo de RV, o grupo LME-A apresentou valores menores estatisticamente significantes quando comparados com os grupos GC ($p = 0.001$) e LME-NA ($p = 0.034$). Porém, para os valores percentuais não houve diferença entre os grupos LME-A e LME-NA. No entanto, o GC apresentou valores maiores que os grupos com LME sendo estatisticamente significativa quando comparado ao grupo LME-A ($p = 0.004$) e marginalmente significativa comparado ao LME-NA ($p = 0.067$). Esse índice representa o sistema nervoso autônomo como um todo, apesar dos indivíduos LME terem apresentado valores menores que o GC como esperado, durante o jogo de realidade virtual, o grupo LME-A apresentou valores menores que os outros grupos. Isso provavelmente ocorreu devido ao fato que os atletas com LME possuíam uma condição mais severa que os não atletas e esse é um fator que está relacionado com o pior desempenho do sistema nervoso autônomo (CLAYDON *et al.*, 2006; KRASSIOUKOV, 2009; KRASSIOUKOV; WEST, 2014).

Finalmente, na análise de regressão, não foram encontrados modelos de regressão que influenciassem significativamente os índices da VFC. Contudo, o nível de atividade física não foi avaliado nesse estudo, foi realizada apenas uma triagem para verificar se os indivíduos do grupo LME-A poderiam ser classificados como atletas. Talvez, uma análise de regressão entre os índices da VFC e o nível de atividade física poderia apresentar valores significativos.

7 CONCLUSÃO

O grupo LME-A apresentou valores sem diferença significativa quando comparado com o GC na Análise da Quantificação da Recorrência, além de apresentar também uma tendência a ter valores menores, porém melhores quando comparado ao grupo LME-NA.

Não foi encontrada uma diferença significativa entre grupos para o índice $\alpha 1$ entre grupos, esse achado sugere que os mecanismos a curto prazo de controle da VFC podem não ser afetado pela LME.

O grupo LME-A apresentou valores maiores nos índices que representam o sistema nervoso parassimpático quando comparado ao grupo LME-NA. Além do mais, os grupos com LME apresentaram valores maiores que o GC no índice que representa o sistema nervoso simpático durante o jogo de RV indicando assim, uma resposta exacerbada desse sistema frente a um estímulo físico.

REFERÊNCIAS¹

- AGIOVLASITIS, S. et al. Effects of paraplegia on cardiac autonomic regulation during static exercise. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 89, n. 10, p. 817–823, out. 2010.
- AGUIAR DA SILVA, G. et al. Avaliação funcional de pessoas com lesão medular: utilização da escala de independência funcional-MIF. **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 21, n. 4, 2012. ISSN 0104-0707.
- ANDERSON, K. D. et al. United States (US) multi-center study to assess the validity and reliability of the Spinal Cord Independence Measure (SCIM III). **Spinal Cord**, v. 49, n. 8, p. 880, 2011. ISSN 1362-4393.
- ARAÚJO, C. G. S.; SCHARHAG, J. Athlete: a working definition for medical and health sciences research. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, n. 1, p. 4–7, 1 jan. 2016.
- BLUM, J.; ROCKSTROH, C.; GÖRITZ, A. S. Heart Rate Variability Biofeedback Based on Slow-Paced Breathing With Immersive Virtual Reality Nature Scenery. **Frontiers in Psychology**, v. 10, p. 2172, 2019.
- BOULLOSA, D. A. et al. Parasympathetic Modulation and Running Performance in Distance Runners. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 2, 2009.
- BUKER, D. B.; OYARCE, C. C.; PLAZA, R. S. Effects of Spinal Cord Injury in Heart Rate Variability After Acute and Chronic Exercise: A Systematic Review. **Topics in spinal cord injury rehabilitation**, v. 24, n. 2, p. 167–176, 2018.
- CARTER, J. B.; BANISTER, E. W.; BLABER, A. P. Effect of Endurance Exercise on Autonomic Control of Heart Rate. **Sports Medicine**, v. 33, n. 1, p. 33–46, 2003.
- CASTIES, J.-F.; MOTTET, D.; LE GALLAIS, D. Non-linear analyses of heart rate variability during heavy exercise and recovery in cyclists. **International journal of sports medicine**, v. 27, n. 10, p. 780–785, out. 2006.
- CATALI, A. M. et al. Heart rate variability: are you using it properly? Standardisation checklist of procedures. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 24, n. 2, p. 91–102, 2020.
- CLAYDON, V. E. et al. Cardiovascular Responses and Postexercise Hypotension After Arm Cycling Exercise in Subjects With Spinal Cord Injury. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 87, n. 8, p. 1106–1114, 2006.
- COGGRAVE, M.; NORTON, C.; CODY, J. D. Management of faecal incontinence and constipation in adults with central neurological diseases. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 1, 2014.
- CRISTANTE, A. F. et al. Therapeutic approaches for spinal cord injury. **Clinics (Sao Paulo, Brazil)**, v. 67, n. 10, p. 1219–1224, out. 2012.
- DE FRANÇA, I. S. X. et al. Qualidade de vida de adultos com lesão medular: um estudo com WHOQOL-bref. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 45, n. 6, p. 1364-1371, 2011. ISSN 1980-220X.
- DITOR, D. S. et al. Reproducibility of heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. **Clinical Autonomic Research**, v. 15, n. 6, p. 387-393, 2005. ISSN 0959-9851.
- ECKMANN, J. P.; KAMPHORST, S. O.; RUELLE, D. Recurrence plots of dynamical systems. **World Scientific Series on Nonlinear Science Series A**, v. 16, p. 441–446, 1995.
- FEKETE, C. et al. Development and validation of a self-report version of the Spinal Cord Independence Measure (SCIM III). **Spinal Cord**, v. 51, n. 1, p. 40, 2013. ISSN 1362-4393.

¹De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023 (2002).

FERNANI, D.C.G.L., PRADO, M.T.A., FELL, R.F., REIS, N.L.D., BOFI, T.C., RIBEIRO, E.B., BLAKE M.d.T., MONTEIRO C.B.d.M. (2013). Motor intervention on children with school learning difficulties. **Revista brasileira de crescimento e desenvolvimento humano**, 2013; 23, 209-214.

GARNER, D. M.; LING, B. W.-K. Measuring and locating zones of chaos and irregularity. **Journal of Systems Science and Complexity**, v. 27, n. 3, p. 494–506, 2014.

GEE, C. M.; CURRIE, K. D., PHILLIPS, A. A. SQUAIR, J. W., KRASSIOUKOV, A. V. Spinal cord injury impairs cardiovascular capacity in elite wheelchair rugby athletes. **Clinical Journal of Sport Medicine**, 2020; 30(1): 33-39.

GODOY M. F, TAKAKURA L. T, CORREA P. R. Relevância da análise do comportamento dinâmico não linear (teoria do caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. **Arq ciênc saúde**, 2005;12(4):167-71.

GRONWALD, T. et al. Non-linear dynamics of heart rate variability during incremental cycling exercise. **Research in Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 88–98, 2 jan. 2019.

GUZZETTI, S. et al. Symbolic dynamics of heart rate variability: A probe to investigate cardiac autonomic modulation. **Circulation**, v. 112, n. 4, p. 465–470, 2005.

HAUTALA, A. J. et al. Short-term correlation properties of R–R interval dynamics at different exercise intensity levels. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 23, n. 4, p. 215–223, 1 jul. 2003.

HENDERSON, A.; KORNER-BITENSKY, N.; LEVIN, M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. **Topics in stroke rehabilitation**, v. 14, n. 2, p. 52–61, 2007.

HENAO-LEMA, C. P.; PEREZ-PARRA, J. E. Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. **Aquichan**, Bogotá, v. 10, n. 2, p. 157-172, Aug. 2010.

HOLMES, G. M.; BLANKE, E. N. Gastrointestinal dysfunction after spinal cord injury. **Experimental Neurology**, v. 320, p. 113009, 2019.

ITZKOVICH, M. et al. Reliability of the Catz-Itzkovich Spinal Cord Independence Measure assessment by interview and comparison with observation. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 82, n. 4, p. 267-272, 2003. ISSN 0894-9115.

JAGLAL, S. B. et al. Health system factors associated with rehospitalizations after traumatic spinal cord injury: a population-based study. **Spinal Cord**, v. 47, n. 8, p. 604–609, 2009.

JAN, Y.-K. et al. Comparison of changes in heart rate variability and sacral skin perfusion in response to postural changes in people with spinal cord injury. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 50, n. 2, p. 203–214, abr. 2013.

JAVORKA, M., ZILA, I., BALHÁREK, T., & JAVORKA, K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 2002; 35(8), 991–1000.

KIRSHBLUM, S. C. et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011). **The journal of spinal cord medicine**, v. 34, n. 6, p. 535–546, nov. 2011.

KRASSIOUKOV, A. Autonomic function following cervical spinal cord injury. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 169, n. 2, p. 157–164, 2009.

KRASSIOUKOV, A.; CLAYDON, V. E. The clinical problems in cardiovascular control following spinal cord injury: an overview. In: WEAVER, L. C.; POLOSA, C. B. T.-P. IN B. R. (Eds.). **Autonomic Dysfunction After Spinal Cord Injury**. [s.l.] Elsevier, 2006. v. 152p. 223–229.

KRASSIOUKOV, A.; WEST, C. The role of autonomic function on sport performance in athletes with spinal cord injury. **PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation**, v. 6, n. 8 Suppl, p. S58-65, ago. 2014.

LA FOUNTAINE, M. et al. Intra-inter visit reproducibility of short-term linear and nonlinear measurement of heart rate variability in tetraplegia and neurologically intact controls. **Physiological measurement**, v. 31, n. 3, p. 363, 2010. ISSN 0967-3334.

- LEE, B. B. et al. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate. **Spinal Cord**, v. 52, p. 110, 26 fev. 2013.
- LYNCH, A. C. et al. Bowel dysfunction following spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 39, n. 4, p. 193–203, 2001.
- MALIŃSKA, M. et al. Heart rate variability (HRV) during virtual reality immersion. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 21, n. 1, p. 47–54, 2 jan. 2015.
- MALMQVIST, L. et al. Assessment of autonomic function after acute spinal cord injury using heart rate variability analyses. **Spinal Cord**, v. 53, p. 54, 18 nov. 2014.
- MARTIN GINIS, K. A. et al. Reliability and validity tests of the leisure time physical activity questionnaire for people with spinal cord injury. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 93, n. 4, p. 677–682, abr. 2012.
- MARTINS, F. P. A. et al. Analysis of motor performance in individuals with cerebral palsy using a non-immersive virtual reality task - a pilot study. **Neuropsychiatric disease and treatment**, v. 15, p. 417–428, 2019.
- MASSETTI, T. et al. The Clinical Utility of Virtual Reality in Neurorehabilitation: A Systematic Review. **Journal of Central Nervous System Disease**, v. 10, p. 1179573518813541, 1 jan. 2018.
- MARWAN, N.; KURTHS, J. Nonlinear analysis of bivariate data with cross recurrence plots. **Physics Letters A**, v. 302, n. 5, p. 299–307, 2002.
- MCDONALD, J. W.; BECKER, D.; HUETTNER, J. Chapter 62 - **Spinal Cord Injury**. In: LANZA, R.; ATALA, A. B. T.-H. OF S. C. (SECOND E. (Eds.). San Diego: **Academic Press**, 2013. p. 723–738.
- MIDDLETON, J. W. et al. Patterns of morbidity and rehospitalisation following spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 42, n. 6, p. 359–367, 2004.
- MILLAR, P. J. et al. Effects of short-term training on heart rate dynamics in individuals with spinal cord injury. **Autonomic Neuroscience**, v. 150, n. 1, p. 116-121, 2009. ISSN 1566-0702.
- MYERS, J.; LEE, M.; KIRATLI, J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 86, n. 2, p. 142-152, 2007. ISSN 0894-9115.
- NASCIMENTO, L. et al. Comparação da análise simbólica da variabilidade da frequência cardíaca entre mulheres fisicamente ativas de meia-idade e idosas. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 18, n. 2, p. 253, 2013.
- PETERSON, M. D. et al. Psychological Morbidity and Chronic Disease Among Adults With Traumatic Spinal Cord Injuries: A Longitudinal Cohort Study of Privately Insured Beneficiaries. **Mayo Clinic Proceedings**, 19 abr. 2020.
- PLATISA, M. M. et al. Complexity of heartbeat interval series in young healthy trained and untrained men. **Physiological Measurement**, v. 29, n. 4, p. 439–450, 2008.
- PRASAD, A.; SAHIN, M. Can motor volition be extracted from the spinal cord? **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 9, p. 41, 19 jun. 2012.
- PORTA, A. et al. Entropy, entropy rate, and pattern classification as tools to typify complexity in short heart period variability series. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 48, n. 11, p. 1282–1291, 2001.
- PUMPRLA, J. et al. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **International Journal of Cardiology**, v. 84, n. 1, p. 1–14, 1 jul. 2002.
- RABEH, S. A. N.; CALIRI, M. H. L. Capacidade funcional em indivíduos com lesão de medula espinal. **Acta paul. enferm.**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 321-327, June 2010.
- RIBEIRO, T.F. et al. Heart rate variability under resting conditions in postmenopausal and young women. **Braz J Med Biol Res**, Ribeirão Preto, v. 34, n. 7, p. 871-877, July 2001. Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-879X2001000700006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 set. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2001000700006>.

RIBERTO, M. Orientação funcional para a utilização da MIF. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo, Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas, 2005.

RIZZO, A. "SKIP"; SHILLING, R. Clinical Virtual Reality tools to advance the prevention, assessment, and treatment of PTSD. **European journal of psychotraumatology**, v. 8, n. sup5, p. 1414560, 16 jan. 2017.

ROBERTS, T. T.; LEONARD, G. R.; CEPELA, D. J. Classifications In Brief: American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale. **Clinical orthopaedics and related research**, v. 475, n. 5, p. 1499–1504, maio 2017.

ROCKSTROH, C.; BLUM, J.; GÖRITZ, A. S. Virtual reality in the application of heart rate variability biofeedback. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 130, p. 209–220, 2019.

ROSSI, R. C. et al. Effect of Pursed-Lip Breathing in Patients With COPD: Linear and Nonlinear Analysis of Cardiac Autonomic Modulation. **COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 11, n. 1, p. 39–45, 1 fev. 2014.

SASSI, R. et al. Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. **EP Europace**, v. 17, n. 9, p. 1341–1353, 15 jul. 2015.

SHAFFER, F.; GINSBERG, J. P. **An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms Frontiers in Public Health**, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpubh.2017.00258> Acesso em: 30 jan 2020

STEIN, P. K. et al. Sometimes Higher Heart Rate Variability Is Not Better Heart Rate Variability: Results of Graphical and Nonlinear Analyses. **Journal of Cardiovascular Electrophysiology**, v. 16, n. 9, p. 954–959, 1 set. 2005.

STRUZIK, Z. R. et al. 1/f scaling in heart rate requires antagonistic autonomic control. **Physical Review E**, v. 70, n. 5, p. 50901, 16 nov. 2004.

TAKAHASHI, A. C. M. et al. Aging reduces complexity of heart rate variability assessed by conditional entropy and symbolic analysis. **Internal and Emergency Medicine**, v. 7, n. 3, p. 229–235, 2012.

VAN MIDDENDORP, J. J. et al. Diagnosis and prognosis of traumatic spinal cord injury. **Global spine journal**, v. 1, n. 1, p. 1–8, dez. 2011.

VAN SLINGERLAND, K. J. et al. Canadian Centre for Mental Health and Sport (CCMHS) Position Statement: Principles of Mental Health in Competitive and High-Performance Sport. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 29, n. 3, p. 173–180, maio 2019.

VANDERLEI, L. C. M. et al. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 24, n. 2, p. 205-217, 2009. ISSN 0102-7638.

VANZELLA, L. M. et al. Complexity of autonomic nervous system function in individuals with COPD. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 44, p. 24–30, 2018.

WEBBER, C. L.; SCHMIDT, M. A.; WALSH, J. M. Influence of isometric loading on biceps EMG dynamics as assessed by linear and nonlinear tools. **Journal of Applied Physiology**, v. 78, n. 3, p. 814–822, 1 mar. 1995.

WEBBER, C. L.; ZBILUT, J. P. Dynamical assessment of physiological systems and states using recurrence plot strategies. **Journal of Applied Physiology**, v. 76, n. 2, p. 965–973, 1 fev. 1994.

WEBBER JR, C. L.; ZBILUT, J. P. Recurrence quantification analysis of nonlinear dynamical systems. **Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences**, v. 94, n. 2005, p. 26–94, 2005.

WESSEL, N. et al. **Recurrence Quantification Analysis to Characterise the Heart Rate Variability Before the Onset of Ventricular Tachycardia**. (J. Crespo, V. Maojo, F. Martin, Eds.) Medical Data Analysis. **Anais...** Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001.

WEST, C. R. et al. Cardiovascular control, autonomic function, and elite endurance performance in spinal cord injury. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 25, n. 4, p. 476–485, ago. 2015.

WEST, C. R.; ROMER, L. M.; KRASSIOUKOV, A. Autonomic function and exercise performance in elite athletes with cervical spinal cord injury. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 45, n. 2, p. 261–267, fev. 2013.

YANOVICH E., RONEN O. The Use of Virtual Reality in Motor Learning: A Multiple Pilot Study Review. **Advances in Physical Education**, 2015; 5, 188-193.

ZBILUT, J. P.; WEBBER, C. L. Embeddings and delays as derived from quantification of recurrence plots. **Physics Letters A**, v. 171, n. 3, p. 199–203, 1992.

ANEXO A – ASIA

STANDARD NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY

MOTOR

KEY MUSCLES

C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
T1

T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
L1
L2
L3
L4
L5
S1
S2
S3
S4-5

Elbow flexors
Wrist extensors
Elbow extensors
Finger flexors (distal phalanx of middle finger)
Finger abductors (little finger)

0 = total paralysis
1 = palpable or visible contraction
2 = active movement, gravity eliminated
3 = active movement, against gravity
4 = active movement, against some resistance
5 = active movement, against full resistance
NT = not testable

Hip flexors
Knee extensors
Ankle dorsiflexors
Long toe extensors
Ankle plantar flexors

☐ Voluntary anal contraction (Yes/No)

TOTALS ☐ + ☐ = **MOTOR SCORE**

(MAXIMUM) (50) (50) (100)

SENSORY

KEY SENSORY POINTS

C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
T1

T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
L1
L2
L3
L4
L5
S1
S2
S3
S4-5

LIGHT TOUCH

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

PIN PRICK

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

☐ Any anal sensation (Yes/No)

☐ + ☐ = **PIN PRICK SCORE** (max: 112)

☐ + ☐ = **LIGHT TOUCH SCORE** (max: 112)

TOTALS { ☐ + ☐ = (MAXIMUM) (56) (56) (56) (56)

NEUROLOGICAL LEVEL

The most caudal segment with normal function

R

SENSORY ☐

MOTOR ☐

L

SENSORY ☐

MOTOR ☐

COMPLETE OR INCOMPLETE?

Incomplete = Any sensory or motor function in S4-S5

☐ **ASIA IMPAIRMENT SCALE**

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION

Caudal extent of partially innervated segments

R

SENSORY ☐

MOTOR ☐

L

SENSORY ☐

MOTOR ☐

Quadro 2 – Nível de funcionalidade para cada item da escala MIF

NÍVEL	EQUIVALENTE EM FUNCIONALIDADE
7 (S.A.)	Independência completa: toda tarefa que envolve uma atividade, é realizada de forma segura, sem modificações ou recursos auxiliares, dentro de um tempo razoável
6 (S.A.)	Independência modificada: capaz de realizar tarefas com recursos auxiliares, necessitando de mais tempo, porém realiza de forma segura e totalmente independente
5 (N.A.)	Supervisão: sujeito necessita somente supervisão ou comandos verbais ou modelos para realizar a tarefa sem a necessidade de contato ou a ajuda é somente para preparo da tarefa quando necessário
4 (N.A.)	Mínima assistência: necessita uma mínima quantidade de assistência, um simples tocar, possibilitando a execução da atividade (realiza 75% do esforço necessário na tarefa)
3 (N.A.)	Moderada assistência: necessita uma moderada quantidade de assistência, mais do que simplesmente tocar, (realiza 50% do esforço necessário na tarefa)
2 (D.C.)	Máxima assistência: utiliza menos que 50% do esforço necessário para completar a tarefa, mas não necessita auxílio total.
1 (D.C.)	Total assistência: assistência total é necessária ou a tarefa não é realizada. Utiliza menos que 25% do esforço necessário para realizar a tarefa.

ANEXO C - ESCALA DE MEDIDA DE INDEPENDÊNCIA EM LESÃO MEDULAR – SCIM III

LOEWENSTEIN HOSPITAL REHABILITATION CENTER
 Affiliated with the Zucker Faculty of Medicine, Tel Aviv University
 Department IV, Medical Director: Dr. Amnon Katz Tel: 972-8-750000 Fax: 972-8-750000 e-mail: amnonk@post.tau.ac.il
 Patient Name: _____ ID: _____ Examiner Name: _____
 (Enter the score for each function in the adjacent square, before the date. The form may be used for up to 6 examinations.)

DATE: / /

SCIM-SPINAL CORD INDEPENDENCE MEASURE (Use 1-5, Score 0-100)

Self-Care DATE: / /

- Feeding** (eating, opening containers, pouring, bringing food to mouth, holding cup with fluid)
 - Needs parental, permanent, or fully assisted and feeding
 - Needs partial assistance for eating and/or drinking, or for opening containers
 - Eats independently, needs adaptive devices or assistance only for eating food and/or opening containers
 - Eats and drinks independently, does not require assistance or adaptive devices
- Bathing** (washing, washing, drying body and head, manipulating water tap) **A-upper body; B-lower body**
 - Requires total assistance
 - Requires partial assistance
 - Washes independently with adaptive devices or in a specific setting (e.g., bath, chair)
 - Washes independently, does not require adaptive devices or specific setting (not customary for healthy people) (solo)
- Dressing** (clothes, shoes, permanent catheter: dressing, washing, undressing) **A-upper body; B-lower body**
 - Requires total assistance
 - Requires partial assistance with clothes without buttons, zippers or laces (avoid)
 - Independent with overhead, requires adaptive devices and/or specific settings (solo)
 - Independent with overhead, does not require aids, needs assistance or aids only for feet
 - Dresses (any cloth) independently, does not require adaptive devices or specific setting
- Grooming** (washing hands and face, brushing teeth, combing hair, shaving, applying makeup)
 - Requires total assistance
 - Requires partial assistance
 - Completes independently with adaptive devices
 - Completes independently without adaptive devices

SCITOTAL (0-20) [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

Respiration and Sphincter Management

5. Respiration

- Requires tracheal tube (TT) and permanent or intermittent manual ventilation (AV)
- Breathes independently with TT, requires oxygen, needs assistance in coughing or TT management
- Breathes independently with TT, requires little assistance in coughing or TT management
- Breathes independently without TT, requires oxygen, needs assistance in coughing, a mask (e.g., pegs) or LAV (bag)
- Breathes independently without TT, requires little assistance or ventilation for coughing
- Breathes independently without assistance or device

6. Sphincter Management - Bladder

- Indwelling catheter
- Residual urine volume (RUV) > 100cc, no regular catheterization or assisted intermittent catheterization
- RUV < 100cc or intermittent self-catheterization, needs assistance for applying drainage instrument
- Intermittent self-catheterization, uses external drainage instrument, does not need assistance for applying
- Intermittent self-catheterization, catheter between catheterizations, does not use external drainage instrument
- RUV < 100cc, needs only external urine drainage, no assistance is required for drainage
- RUV < 100cc, continent, does not use external drainage instrument

7. Sphincter Management - Bowel

- Intergate timing or very low frequency (less than once in 3 days) of bowel movements
- Requires timing, but requires assistance (e.g., for applying suppository), rare accidents (less than twice a month)
- Requires bowel movements, without assistance, rare accidents (less than twice a month)
- Requires bowel movements, without assistance, no accidents

8. Use of Toilet (personal hygiene, adjustment of clothes before/after, use of napkins or diapers)

- Requires total assistance
- Requires partial assistance, does not clean self
- Requires partial assistance, cleans self independently
- Uses toilet independently in all trials but needs adaptive devices or special setting (e.g., bath)
- Uses toilet independently, does not require adaptive devices or special setting

SCITOTAL (0-40) [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

Mobility (room and toilet) DATE: / /

9. Mobility in Bed and Action to Prevent Pressure Sores

- Needs assistance in all activities: turning upper body in bed, turning lower body in bed, sitting up in bed, doing push-ups in wheelchair, with or without adaptive devices, but not with electric aids
- Performs one of the activities without assistance
- Performs two or three of the activities without assistance
- Performs all the bed activities and pressure release activities independently

10. Transfer: bed-wheelchair (rolling wheelchair, lifting footrest, ensuring and adjusting arm rests, transferring, lifting feet)

- Requires total assistance
- Needs partial assistance and/or supervision, and/or adaptive devices (e.g., sliding board)
- Independent (or does not require wheelchair)

11. Transfer: wheelchair-toilet sink (if use toilet wheelchair: transfers to and from, if use regular wheelchair: locking wheelchair, lifting footrest, ensuring and adjusting arm rests, transferring, lifting feet)

- Requires total assistance
- Needs partial assistance and/or supervision, and/or adaptive devices (e.g., grab-bars)
- Independent (or does not require wheelchair)

Mobility (indoors and outdoors, on even surface)

12. Mobility Indoors

- Requires total assistance
- Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
- Moves independently in manual wheelchair
- Requires supervision while walking (with or without device)
- Walks with a walking frame or crutches (swing)
- Walks with crutches or two canes (reciprocal walking)
- Walks with one cane
- Needs leg orthosis only
- Walks without walking aids

13. Mobility for Moderate Distances (10-100 meters)

- Requires total assistance
- Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
- Moves independently in manual wheelchair
- Requires supervision while walking (with or without device)
- Walks with a walking frame or crutches (swing)
- Walks with crutches or two canes (reciprocal walking)
- Walks with one cane
- Needs leg orthosis only
- Walks without walking aids

14. Mobility Outdoors (more than 100 meters)

- Requires total assistance
- Needs electric wheelchair or partial assistance to operate manual wheelchair
- Moves independently in manual wheelchair
- Requires supervision while walking (with or without device)
- Walks with a walking frame or crutches (swing)
- Walks with crutches or two canes (reciprocal walking)
- Walks with one cane
- Needs leg orthosis only
- Walks without walking aids

15. Stair Management

- Unable to ascend in descent stairs
- Ascends and descends at least 3 steps with support or supervision of another person
- Ascends and descends at least 3 steps with support of handrail and/or crutch or cane
- Ascends and descends at least 3 steps without any support or supervision

16. Transfer: wheelchair-car (approaching car, locking wheelchair, ensuring seat and footrest, transferring to and from car, bringing wheelchair into and out of car)

- Requires total assistance
- Needs partial assistance and/or supervision and/or adaptive devices
- Transfers independent, does not require adaptive devices (or does not require wheelchair)

17. Transfer: ground-wheelchair

- Requires assistance
- Transfers independent with or without adaptive devices (or does not require wheelchair)

SCITOTAL (0-40) [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

TOTAL SCIM SCORE (0-100) [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

Anexo D – Atividade Física em Atleta

Athlete definition

Minimal criteria to be defined as an active athlete (all of them should be fulfilled):

- to be training in sports aiming to improve his/her performance/results
- to be actively participating in sport competitions;
- to be formally registered in a local, regional or national sport federation;
- to have sport training and competition as his/her major activity (way of living) or focus of personal interest, devoting several hours in all or most of the days for these activities, exceeding the time allocated to other types of professional or leisure activities

Age group classification

While descriptors could be used, it is recommended that specific age range be added between brackets, if not in the title, at least in the abstract, tables, figures, and text (see examples, below):

- Young athletes (12–17 years old)
- Adult athletes (18–35 years old)
- Master athletes (35–60 years old)

Level of performance

If a level of performance descriptor is to be used, please try to be as specific and precise as possible, maybe combining with some other sex, age, and country/region of the world descriptors

One or two sentences should be ideally included in the methods section in order to make as clear as possible the level of performance of athletes included in the study (see examples below):

- 2012 Olympic athletes (athletes that had competed in the 2012 Olympic Games)
 - World elite athletes (athletes listed in the ranking of 100 recent World best results in an individual sport modality in the year in which data was collected)
 - National elite athletes (athletes placed among the 100 best recent results in an individual sport modality or athletes regularly competing in the upper National division or league in a team sport modality; country must be specified)
 - Beginner athletes (athletes that have been training and competing for less than 3 years on this particular sport modality)
-

ANEXO E – LEISURE TIME PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE FOR PEOPLE WITH SPINAL CORD INJURY (LTPAQ-SCI)

INSTRUCTIONS: I am going to ask you about the time you spent engaging in mild, moderate, and heavy intensity LTPA in the last 7 days. Leisure Time Physical Activity (LTPA) is physical activity that you choose to do during your free time, such as exercising, playing sports, gardening, and taking the dog for a walk (necessary physical activities such as physiotherapy, grocery shopping, pushing/wheeling for transportation are not considered LTPA).

1. Mild intensity LTPA requires very light physical effort; mild intensity activities make you feel like you are working a little bit, but you can keep doing them for a long time without getting tired . . .

During the last 7 days, on how many days did you do mild intensity LTPA? _____

On those days, how many minutes did you usually spend doing mild intensity LTPA? _____

2. Moderate intensity LTPA requires some physical effort; moderate intensity activities make you feel like you are working somewhat hard, but you can keep doing them for a while without getting tired. . .

During the last 7 days, on how many days did you do moderate intensity LTPA? _____

On those days, how many minutes did you usually spend doing moderate intensity LTPA? _____

3. Heavy intensity LTPA requires a lot of physical effort. Heavy intensity activities make you feel like you are working really hard, almost at your maximum. You cannot do these activities for very long without getting tired. These activities may be exhausting.

During the last 7 days, on how many days did you do heavy intensity LTPA? _____

On those days, how many minutes did you usually spend doing heavy intensity LTPA? _____

ANEXO F – MATERIAL COMPLEMENTAR

Tabela 2 – Comparação de índices de VFC para Momentos e Grupos e valores estimados do Linear Mixed Model.

VFC índices	Momentos							Estimativa de efeitos fixos - Grupos [LME-A / LME-NA / GC]	Estimativa de efeitos fixos - Momentos [Repouso / RV]	Estimativa de efeitos fixos - Grupos x Momentos
		Atletas - LME	Não- Atletas - LME	Controle						
		LME-A	LME_NA	valor de p	GC	valor de p	valor de p			
		Média (DP) [95% IC: LI; LS]	Média (DP) [95% IC: LI; LS]	(LME- A x LME- NA)	Média (DP) [95% IC: LI; LS]	(LME- NA x GC)	(LME- A x GC)	Estimativa; valor de p [95% IC: LI; LS]	Estimativa; valor de p [95% IC: LI; LS]	Estimativa; valor de p [95% IC: LI; LS]
DFA	Repouso	0.98 (0.21) [0.93; 1.04]	1.03 (0.17) [0.99; 1.08]	-	0.92 (0.12) [0.87; 0.96]	<0.001 ↓	0.072* ↓	0.100; <0.001	0.010; 0.764	-0.035; 0.567
	Realidade Virtual	1.01 (0.19) [0.95; 1.06]	1.00 (0.17) [0.94; 1.06]	-	0.91 (0.13) [0.85; 0.97]	0.038 ↓	0.016 ↓	[0.019; 0.181]	[-0.062; 0.084]	[-0.143; 0.071]
		-	-		-					
α1	Repouso	1.08 (0.28)	1.14 (0.23)	-	1.15 (0.15)	-	-	-0.038; 0.320	-0.013; 0.454	-0.027; 0.899

		[1.01; 1.16]	[1.08; 1.20]		[1.09; 1.21]					
		1.12 (0.22) [1.05; 1.20]	1.15 (0.25) [1.07; 1.23]		1.16 (0.18) [1.09; 1.24]			[-0.146; 0.069]	[-0.111; 0.083]	[-0.170; 0.114]
		-	-		-					
		0.93 (0.22) [0.86; 1.01]	0.97 (0.18) [0.91; 1.04]		0.84 (0.17) [0.78; 0.90]	0.002 ↓	0.044 ↓	0.193; < 0.001	-0.062; 0.473	-0.096; 0.415
α2		0.97 (0.20) [0.89; 1.04]	0.94 (0.19) [0.86; 1.02]		0.77 (0.37) [0.69; 0.85]	0.005 ↓	0.001 ↓	[0.083; 0.303]	[-0.036; 0.161]	[-0.241; 0.049]
		-	-		-					
		29.72 (8.98) [26.82; 32.62]	32.36 (8.00) [30.00; 34.73]		29.45 (5.41) [27.17; 31.73]	0.082* ↓	-	2.076; 0.045	-2.133; 0.008	-1.810; 0.812
REC		33.66 (12.01) [30.68; 36.65]	35.67 (10.28) [32.41; 38.92]		31.59 (7.74) [28.50; 34.67]	0.074* ↓	-	[-2.217; 6.371]	[-5.969; 1.701]	[-7.470; 3.849]
		0.063*	-		-					
		98.09 (1.98) [97.59; 98.58]	98.78 (1.16) [98.38; 99.19]	0.034 ↑	98.54 (0.78) [98.15; 98.93]	-	-	-0.275; 0.051	-0.052; 0.565	-0.173; 0.929

	<i>Realidade</i>	98.31 (2.27)	98.85 (1.40)	-	98.59 (1.17)	-	-	[-1.009; 0.459]	[-0.708; 0.603]	[-1.141; 0.794]
	<i>Virtual</i>	[97.80; 98.83]	[98.29; 99.41]		[98.06; 99.12]					
		-	-		-					
ENT	<i>Repouso</i>	4.53 (0.59)	4.81 (0.57)	0.056*	4.52 (0.36)	0.024	-	0.209; 0.012	-0.269; < 0.001	-0.198; 0.660
		[4.30; 4.75]	[4.63; 4.99]	↑	[4.34; 4.69]	↓				
	<i>Realidade</i>	4.99 (1.01)	5.14 (0.91)	-	4.79 (0.55)	0.044	-	[-1.208; 0.539]	[-0.563; 0.256]	[-0.633; 0.236]
	<i>Virtual</i>	[4.77; 5.22]	[4.89; 5.39]		[4.55; 5.02]	↓				
		0.004	0.035		0.073*					
0V	<i>Repouso</i>	157.6 (89.1)	193.1 (102.4)	-	163.3 (106.0)	-	-	69.61; 0.049	-129.34; < 0.001	-75.27; 0.225
		[112.8; 202.4]	[156.6; 229.7]		[128.0; 198.5]					
	<i>Realidade</i>	368.7 (189.0)	369.7 (190.3)	-	292.6 (124.1)	0.029	0.038	[3.74; 135.48]	[-188.61; - 70.08]	[-133.05; 38.69]
	<i>Virtual</i>	[316.8; 407.7]	[319.4; 419.9]		[244.9; 340.3]	↓	↓			
		< 0.001	< 0.001		< 0.001					
1V	<i>Repouso</i>	151.5 (28.7)	163.2 (46.8)	-	177.4 (61.9)	-	0.040	-47.37; 0.001	-86.38; < 0.001	21.49; 0.468
		[132.1; 170.9]	[147.3; 179.0]		[162.1; 192.7]		↑			
	<i>Realidade</i>	217.8 (69.8)	248.2 (83.1)	0.034	263.8 (46.6)	-	0.001	[-75.94; - 18.80]	[-112.09; - 60.67]	[-16.28; 59.26]
	<i>Virtual</i>	[196.7; 236.1]	[226.4; 270.0]	↑	[243.1; 284.4]		↑			
		< 0.001	< 0.001		< 0.001					

2LV	<i>Repouso</i>	22.62 (21.51) [15.88; 29.35]	20.31 (19.47) [14.82; 25.81]	-	26.02 (14.60) [20.72; 31.31]	-	-	-1.94; 0.147	-0.28; 0.916	-1.46; 0.912
	<i>Realidade Virtual</i>	24.34 (31.43) [17.53; 31.20]	19.15 (16.13) [11.59; 26.71]	-	26.30 (14.19) [19.13; 33.47]	-	-	[-11.84; 7.96]	[-9.19; 8.63]	[-14.56; 11.63]
		-	-		-					
2UV	<i>Repouso</i>	46.41 (25.60) [35.09; 57.73]	40.41 (27.47) [31.17; 49.66]	-	34.35 (21.49) [25.44; 43.25]	-	-	-13.00; 0.829	-37.68; < 0.001	25.06; 0.073
	<i>Realidade Virtual</i>	60.34 (37.31) [47.54; 70.52]	71.44 (49.84) [58.74; 84.15]	-	72.03 (44.54) [59.98; 84.09]	-	-	[-29.65; 3.65]	[-52.67; - 22.70]	[3.05; 47.08]
		-	< 0.001		< 0.001					
0Vp	<i>Repouso</i>	40.01 (18.25) [33.96; 46.05]	44.55 (19.43) [39.61; 49.49]	-	38.95 (13.67) [34.19; 43.70]	-	-	8.74; 0.084	-4.62; 0.002	-7.68; 0.396
	<i>Realidade Virtual</i>	52.63 (22.07) [46.18; 58.45]	50.39 (19.95) [43.61; 57.18]	-	43.57 (14.59) [37.13; 50.00]	-	0.054* ↓	[-0.14; 17.63]	[-12.62; 3.37]	[-19.43; 4.07]
		0.005	-		-					
1Vp	<i>Repouso</i>	40.63 (8.02) [37.26; 44.01]	39.81 (11.16) [37.06; 42.57]	-	45.05 (7.53) [42.40; 47.71]	0.007 ↑	0.043 ↑	-7.23; 0.001	4.25; < 0.001	2.81; 0.592

	<i>Realidade</i>	33.17 (12.43)	35.93 (12.50)	-	40.80 (8.06)	0.067* ↑	0.004 ↑	[-12.20; - 2.27]	[-0.21; 8.71]	[-3.74; 9.37]
	<i>Virtual</i>	[30.14; 36.99]	[32.14; 39.71]		[37.21; 44.39]					
		0.004	-		0.062*					
2LVp	<i>Repouso</i>	6.36 (6.17)	5.23 (5.27)	-	6.96 (4.12)	0.057* ↑	-	-0.02; 0.111	2.77; < 0.001	-0.62; 0.921
		[4.79; 7.93]	[3.94; 6.51]		[5.72; 8.19]					
	<i>Realidade</i>	4.13 (5.58)	2.84 (2.36)	-	4.18 (2.46)	-	-	[-2.29; 2.33]	[0.69; 4.85]	[-3.67; 2.43]
	<i>Virtual</i>	[2.61; 5.80]	[1.08; 4.61]		[2.51; 5.86]					
		0.060*	0.032		0.009					
2UVp	<i>Repouso</i>	13.00 (7.95)	10.37 (8.13)	-	9.05 (6.31)	-	0.018 ↓	-1.85; 0.706	-2.40; 0.868	5.80; 0.072
		[10.42; 15.57]	[8.27; 12.47]		[7.02; 11.07]					
	<i>Realidade</i>	9.76 (7.11)	10.83 (8.54)	-	11.46 (8.22)	-	-	[-5.64; 1.93]	[-5.81; 0.99]	[0.79; 10.80]
	<i>Virtual</i>	[6.99; 12.22]	[7.94; 13.72]		[8.72; 14.20]					
		0.070*	-		-					

VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; DP: Desvio padrão; IC: Intervalo de confiança; LI: Limite inferior; LS: Limite superior; LME: Lesão medular espinal; DFA: Detrended fluctuation analysis $\alpha 1$: Componente de curto prazo; $\alpha 2$: Componente de longo prazo; Rec: Recorrência; Det: Determinismo; Ent: Entropia; 0V: sem variações; 1V: uma variação; 2LV: 2 variações iguais; 2UV: 2 variações diferentes; 0Vp: percentual sem variações; 1Vp: percentual de uma variação; 2LVp: percentual de 2 variações iguais; 2UVp: percentual de 2 variações diferentes.

Os valores de p em Repouso e VR, bem como entre os grupos, são do teste post-hoc de LSD (mínima diferença significativa); as setas indicam se os valores representam aumento significativo (↑) ou diminuição (↓) dos índices entre os grupos. Os testes post-hoc foram calculados mesmo quando não houve interações significativas para os fatores principais.

* Resultados marginalmente significativos ($p > 0.05$ e ≤ 0.09)

Fonte: Lucas André Borato, 2020.