

Análise dos sinais vitais e do desempenho cardiorrespiratório de pessoas com disfunções neurológicas após realização de um protocolo de reabilitação

Analysis of performance and vital signs in a cardiorespiratory rehabilitation protocol in subjects with central nervous system diseases

Análisis del rendimiento y constantes vitales en un protocolo de rehabilitación cardiorrespiratoria en sujetos con enfermedades del sistema nervioso central

Recebido: 26/04/2022 | Revisado: 15/05/2022 | Aceito: 16/06/2022 | Publicado: 27/06/2022

Taciana Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6295-0541>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: lopestaciana@hotmail.com

Ana Paula Pinto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4433-4152>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: apaula@outlook.com.br

Sérgio Luiz Lemos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3543-8611>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: lemossl@uol.com.br

Carolina Lobo Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0669-4325>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: caroll.guimaraes@yahoo.com.br

Élida Goulart de Abreu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5098-8569>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: elidaabreug@gmail.com

Kássila Katielle Formigoni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-8859>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: kassilaformigoni@hotmail.com

Douglas Vinicius de Souza Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8406-2123>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: douglasvinicius76@yahoo.com

Rodrigo Álvaro Brandão Lopes-Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4533-1335>
Universidade Evangélica de Goiás, Brazil
E-mail: ralopesmartins@gmail.com

Mário de Oliveira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9990-5296>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: mol@univap.br

Fernanda Pupio Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-7800>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil
E-mail: fpupio@univap.br

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar os sinais vitais e o desempenho cardiorrespiratório (velocidade média durante o treino aeróbico) de pessoas com disfunções neurológicas após realização de um protocolo de reabilitação. Participaram 14 voluntários de ambos os gêneros, entre 18 a 85 anos. Ao longo do protocolo foram coletados os sinais vitais durante o repouso inicial; esforço e recuperação. Foram avaliados parâmetros como: pressão arterial (PA), saturação periférica de oxigênio (SpO₂), frequência cardíaca (FC), escala de percepção subjetiva de esforço (BORG) e velocidade média da marcha em um programa de reabilitação cardiorrespiratória durante 12 semanas, totalizando 24 sessões, sendo que cada sessão teve duração de 1 hora. Verificou-se que a frequência cardíaca de recuperação pós exercício reduziu em relação aos esforços, mas não retornou aos valores basais com diferença estatística. Por sua vez, a frequência cardíaca inicial durante o repouso ao longo do tratamento, apresentou diminuição significativa ($p < 0,05$).

O desempenho cardiorrespiratório se comportou em fases (fase inicial, intermediária, final), sendo que o resultado mais satisfatório ocorreu na fase final, a partir da 14ª sessão. A FC durante o esforço apresentou um aumento significativo de 6%. Assim, foi possível constatar que após a reabilitação cardiorrespiratória, a FCi diminuiu, ocorreu melhora do desempenho sem grandes variações de FC, PA e SpO2 durante o esforço, demonstrando que o tratamento foi benéfico e seguro para os voluntários com lesão do sistema nervoso central.

Palavras-chave: Distúrbios neurológicos; Exercício aeróbico; Reabilitação cardiorrespiratória.

Abstract

This study aimed to evaluate vital signs and cardiorespiratory performance (average speed) of people with neurological disorders after carrying out a rehabilitation protocol. 14 volunteers of both genders, between 18 and 85 years old, participated. Throughout the protocol, vital signs were collected during the initial rest; effort and recovery. Parameters such as: blood pressure (BP), peripheral oxygen saturation (SpO2), heart rate (HR), perceived exertion scale (BORG) and mean gait speed were evaluated in a cardiorespiratory rehabilitation program for 12 weeks, totaling 24 sessions, with each session lasting 1 hour. It was found that post-exercise recovery heart rate reduced in relation to efforts, but did not return to baseline values with statistical difference. In turn, the initial heart rate during rest throughout the treatment showed a significant decrease ($p < 0.05$). The cardiorespiratory performance behaved in phases (initial, intermediate, final phases), and the most satisfactory result occurred in the final phase, from the 14th session. HR during effort showed a significant increase of 6%. Thus, it was possible to verify that after cardiorespiratory rehabilitation, HRi decreased, there was an improvement in performance without major variations in HR, BP and SpO2 during exercise, demonstrating that the treatment was beneficial and safe for volunteers with central nervous system injury.

Keywords: Neurological disorders; Aerobic exercise; Cardiorespiratory rehabilitation.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar los signos vitales y el rendimiento cardiorrespiratorio (velocidad media) de personas con trastornos neurológicos después de realizar un protocolo de rehabilitación. Participaron 14 voluntarios de ambos sexos, entre 18 y 85 años. A lo largo del protocolo se recogieron las constantes vitales durante el descanso inicial; esfuerzo y recuperación. Parámetros como: presión arterial (PA), saturación periférica de oxígeno (SpO2), frecuencia cardíaca (FC), escala de esfuerzo percibido (BORG) y velocidad media de la marcha fueron evaluados en un programa de rehabilitación cardiorrespiratoria durante 12 semanas, totalizando 24 sesiones, con cada sesión de 1 hora de duración. Se encontró que la frecuencia cardíaca de recuperación post-ejercicio se redujo en relación a los esfuerzos, pero no volvió a los valores basales con diferencia estadística. A su vez, la frecuencia cardíaca inicial durante el reposo a lo largo del tratamiento mostró una disminución significativa ($p < 0,05$). El desempeño cardiorrespiratorio se comportó en fases (fases inicial, intermedia, final), y el resultado más satisfactorio ocurrió en la fase final, a partir de la 14ª sesión. La FC durante el esfuerzo mostró un aumento significativo del 6%. Así, fue posible verificar que después de la rehabilitación cardiorrespiratoria, la HRi disminuyó, hubo una mejora en el rendimiento sin mayores variaciones en la FC, PA y SpO2 durante el ejercicio, demostrando que el tratamiento fue beneficioso y seguro para los voluntarios con lesión del sistema nervioso central.

Palabras clave: Desórdenes neurológicos; Ejercicio aeróbico; Rehabilitación cardiorrespiratoria.

1. Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de um bilhão de pessoas no mundo apresentam alguma forma de deficiência, podendo este número aumentar exponencialmente nos próximos anos devido ao envelhecimento da população (OMS, 2011). No Brasil, a prevalência é de 6,2%, ou cerca de 12,4 milhões de pessoas com deficiência intelectual, física, auditiva ou visual. Os dados aumentaram por conta da idade, em especial após 40 anos (Malta et al., 2016).

As lesões do sistema nervoso provocam algumas categorias de deficiência ao indivíduo, gerando incapacidades e comprometimento na funcionalidade, fazendo com que as pessoas se tornem dependentes por meses, anos ou a vida inteira (Ramos et al., 2021).

A espasticidade é uma das sequelas decorrentes dessas lesões, que incluem o acidente vascular encefálico, lesão medular, traumatismo crânio encefálico e paralisia cerebral e interfere na capacidade funcional e na realização das atividades de vida diária (Ayoub et al., 2020; Parker-Ângulo & Adkinson, 2018). Além disso, as lesões do sistema nervoso central causam comprometimento motor, o que dificulta a realização da marcha, que podem ser realizadas com auxílio de outras pessoas e/ou com o uso de um dispositivo de auxílio. Essas alterações causam déficits no condicionamento aeróbico,

interferindo na capacidade respiratória e fadiga precoce durante a realização dos movimentos (Akkurt et al., 2017; Ovando et al., 2010).

O exercício aeróbico é uma das opções para estimular adaptações fisiológicas para que ocorram melhoras na saúde do indivíduo. Características como intensidade, duração, frequência, são referências para uma eficaz prescrição de exercícios. American College of Sports Medicine (ACSM) faz recomendações em relação à intensidade de exercícios aeróbicos, utilizando como parâmetros a frequência cardíaca máxima (FCMáx), unidades metabólicas (METs), consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx) e percepção subjetiva de esforço (PSE) (Cunha, 2013).

É importante ressaltar que o exercício aeróbio além de melhorar a aptidão cardiorrespiratória traz também benefícios no nível do sistema nervosa central. Alguns estudos da literatura demonstraram que a prática da atividade aeróbia resulta no aumento da atividade cortical e da memória de trabalho, um sistema executivo importante para execução de tarefas que envolvem recursos limitados que armazenam, mantêm e atualizam temporariamente e simultaneamente informações (Li et al., 2014; Baddeley 2003).

Sendo assim o objetivo desse estudo foi avaliar os sinais vitais e o desempenho cardiorrespiratório (velocidade média) de pessoas com lesão no sistema nervoso central durante um protocolo de reabilitação.

2. MÉTODOS

2.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo longitudinal de reabilitação cardiorrespiratória em sujeitos com doenças neurológicas do sistema nervoso central, com seqüela de espasticidade.

2.2 Participantes

Todos os indivíduos tinham marcha ativa, usavam bengala ou muleta canadense como dispositivo de auxílio.

Foram incluídos voluntários de ambos os gêneros, idade entre 18 a 85 anos, doenças do sistema nervoso central adquiridas, tempo de lesão mínimo de 6 meses, cognitivo preservado, possuir deambulação voluntária com ou sem dispositivo de auxílio. Excluiu-se do estudo indivíduos tabagistas ativos, portadores de patologias crônicas respiratórias e cardíacas descompensadas, obesidade grau II e grau III; pacientes com nível de lesão medular acima de T6 e escala ASIA A ou B.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba, sob o protocolo CAAE: 94858718.3.0000.5503 com parecer de aprovação 2.879.764. Foram fornecidos a todos os participantes o termo de consentimento livre e esclarecido por escrito.

2.3 Protocolo Experimental

Foi elaborado um protocolo baseado na Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular (Carvalho, et al.; 2020) programa de reabilitação cardiorrespiratório com duração de 12 semanas, 2 vezes na semana, com duração de 1 hora cada. O treino aeróbico foi realizado em uma esteira ergométrica com o auxílio da Estação de Reabilitação e Atividade Física Brainmov[®], um sistema que utiliza suporte peso-corporal para a estabilização do tronco e assim auxiliar pessoas com mobilidade reduzida a deambular na esteira com segurança.

Realizou-se inicialmente uma anamnese com os participantes. Durante o protocolo experimental foram coletados os sinais vitais - como frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), saturação periférica de oxigênio (SpO₂) e a percepção de esforço por meio da escala de BORG, um instrumento para avaliar a percepção subjetiva de esforço, composta por uma escala numérica de 6 a 20 (sendo 6 nenhum cansaço e 20 um esforço máximo) demonstrando o

esforço pelo nível da carga de trabalho e a frequência cardíaca (Viana et al., 2021) - no repouso inicial; resistência aeróbica; recuperação aeróbica (5 minutos após treino aeróbico) e no final da sessão após os exercícios respiratórios e de fortalecimento.

O protocolo de reabilitação cardiorrespiratório foi dividido em etapas:

- Repouso inicial onde foi anotado os sinais vitais basais;
- Treino aeróbico (25 minutos) podendo ser contínuo, com aumento de carga gradual, ou intervalado, divididos em blocos de acordo com a capacidade de cada paciente. Mas o objetivo era que o paciente evoluísse para o treino aeróbico contínuo. A intensidade do exercício foi moderada, seguindo a FC de treinamento alvo de 50-75% de intensidade, prescrita pela fórmula de Karvonen: $FC_{treinamento} = FC_{repouso} + (FC_{máxima} - FC_{repouso}) \times \% FC (50-75\%)$ (Karvonen & Vuorimaa, 1988).

- Repouso pós treino aeróbico, o qual anotou-se os sinais vitais de recuperação;
- Exercícios respiratórios e exercícios de fortalecimento muscular com foco em membros inferiores;
- Relaxamento final (respiração profunda com alongamentos em cadeia) e orientações gerais pertinentes à doença, tratamento e estilo de vida saudável.

2.4 Índice de desempenho cardiorrespiratório

Além dos sinais vitais, foram coletados também os dados da velocidade da esteira e o tempo do treino aeróbico de todas as sessões ao longo das 12 semanas. Com isso, foi definido um indicador de desempenho (velocidade média) para refletir a evolução do tratamento, nomeado de índice de desempenho, consistindo na velocidade média em m/min ($V_{média} = \text{distância ou deslocamento} / \text{tempo}$). Foi pensado neste índice porque ele oferece uma maneira simples e intuitiva de traduzir o desempenho do paciente, por exemplo, se um paciente tem um desempenho de 60 m/min, significa que o deslocamento é de 1m/segundo.

2.5 Uso da carta estatística de controle para identificação das fases de evolução do tratamento.

Carta de controle ou Shewhart control charts é uma ferramenta com o objetivo de avaliar o comportamento ou desempenho de um processo ao longo do tempo, e que por meio de um gráfico é possível traçar uma linha central (média) e estatisticamente definir limites superior e inferior para as variações do processo analisado, chamados de limites de controle. Quando as variações do processo observado estão dentro dos limites de controle (superior e inferior) e não apresentam nenhuma das tendências como descrito na literatura, o processo é considerado estável (Amin, 2001).

Esta ferramenta estatística é amplamente utilizada em indústrias, mas seu uso na área médica está em ascensão, como no monitoramento dos dados em unidades de terapia intensiva (Koetsier, van der Veer, Jager, Peek & Keizer, 2012) e na área esportiva para a análise do desempenho dos atletas, por meio de uma observação ao longo de um período para verificar a performance dos mesmos (Sands et al., 2019).

Para identificação das fases de evolução do treino aeróbico realizado, foram utilizadas as cartas de controle, de modo a definir uma média para os desempenhos de cada fase como uma variável representativa nas análises estatísticas posteriores.

Foram analisados os sinais vitais (FC, PAS, PAD, SpO₂), nas fases de desempenho identificadas, para a compreensão dos resultados do treino aeróbico.

Será demonstrada essa linha de análise por meio de um exemplo de um participante no item resultados.

2.6 Análise estatísticas

Para as análises estatísticas, foram utilizados os dados de todas as sessões realizadas com os pacientes, onde pela utilização de cartas de controle estatístico, calculadas no Microsoft Excel, foram identificadas as regiões de estabilidade ao

longo de todas as sessões para compor um indicador de desempenho para cada paciente juntamente com o comportamento dos sinais vitais nessas regiões durante o treino aeróbico. Com a utilização do programa BioEstat 5.0 (Mauá, Brazil), os dados tiveram suas normalidades verificadas por meio do teste de Shapiro-Wilk, e as análises foram utilizados testes t para variáveis dependentes, ou Wilcoxon, considerando o nível de significância alfa igual a 0,05.

3. Resultados

3.1 Caracterização da amostra

A reabilitação foi realizada em 14 indivíduos de ambos os gêneros (gênero: feminino 35.7% e masculino 64.3%; idade: 49.29±13.32 anos; estatura: 165.82±10.15 cm; massa corporal: 76.02±19.32 kg) e todos com doenças crônicas do sistema nervoso central e com espasticidade leve a moderada, sendo acidente vascular encefálico (n=8), lesão medular nível T7 (n=1), paralisia cerebral (n=3) e traumatismo crânio encefálico (n=2).

3.2 Análises do comportamento dos sinais vitais no repouso inicial e final (recuperação)

Na Tabela 1 estão demonstrados os dados referentes à média dos sinais vitais dos voluntários durante as 24 sessões no repouso inicial (pré exercício), exercício (frequência cardíaca de treinamento de 50-75%) e repouso final (recuperação pós exercício aeróbico). Nota-se que o score BORG e os sinais vitais elevaram no esforço e após a recuperação diminuíram em relação ao esforço, mas ainda alguns não retornaram aos valores basais. Houve diferença estatística (inicial x recuperação) para os parâmetros BORG e FC com $p < 0,0001$ e SBP com $p = 0,05$.

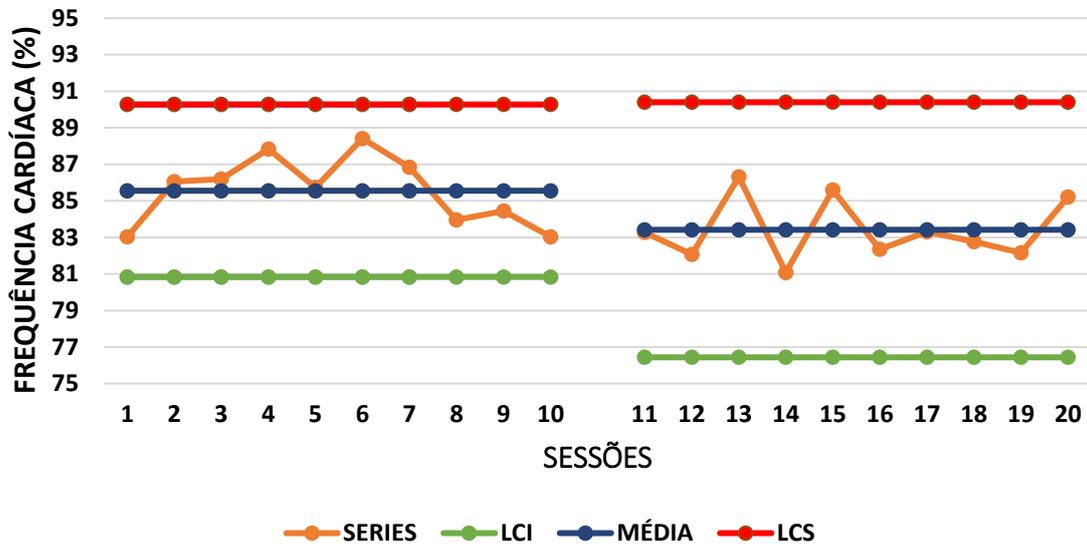
Tabela 1. Média geral dos sinais vitais referente ao repouso inicial, exercício e recuperação após o treino aeróbico.

Sinais Vitais	Repouso inicial (pré exercício)	Exercício (aeróbico)	Repouso final (recuperação)
BORG	6.37±0.41	12.64±1.78	8.73±1.16**
PAS	119.09±9.97	146.2±10.17	122.32±10.98*
PAD	77.57±8.55	85.93±6.54	78.99±8.78
FC	85.38±7.84	123.36±10.75	96.72±8.28**
SpO ₂	96.06±1.28	95.35±1.08	95.72±1.78

Valores expressos em média ± desvio padrão. n=14. Foi utilizado o Teste t, onde * indica $p < 0.0001$ e ** indica $p = 0.05$, Repouso inicial x recuperação. BORG = Escala de percepção de esforço; PAS= Pressão arterial sistólica (mmHg); PAD= Pressão arterial diastólica (mmHg); FC= Frequência cardíaca (bpm); SpO₂= Saturação periférica de oxigênio (%). Fonte: Autores (2022).

Ainda com relação à FCi (frequência cardíaca inicial), foi verificado o comportamento da média da FC, para os 14 pacientes, no repouso inicial antes de cada sessão, ao longo de todas as sessões do grupo. Por meio da análise com cartas de controle estatístico, verificou-se que a variação da FCi (valores normalizados) se comportava em duas fases ao longo de todo tratamento, podendo observar diferenças entre o comportamento das 10 primeiras sessões e das restantes (Figura 1).

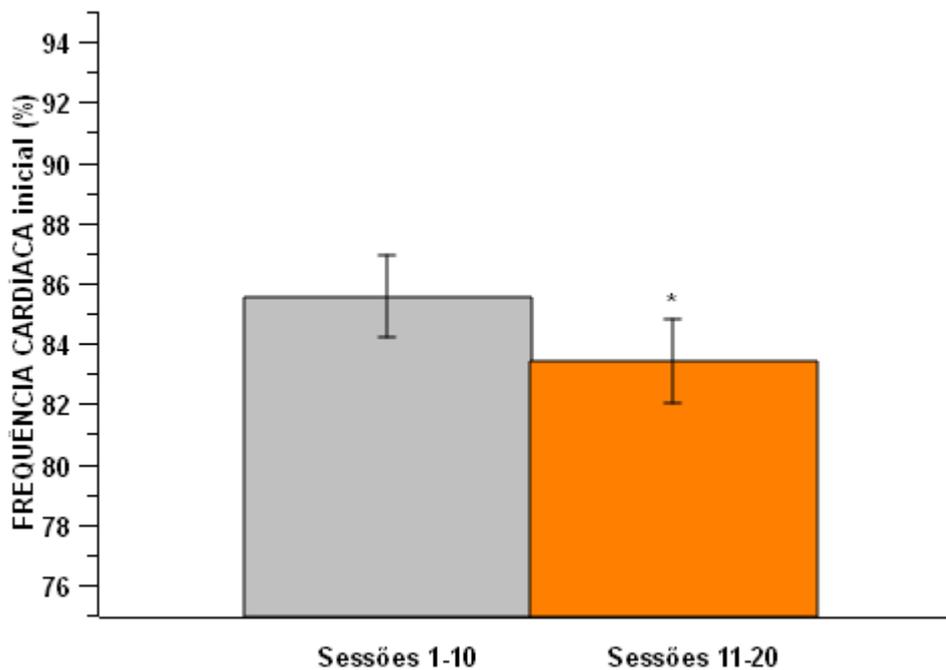
Figura 1. Demonstração da Carta de controle da Frequência cardíaca inicial (FCi) em função das sessões.



Séries = valores normalizados da Frequência cardíaca inicial de cada sessão; LCI – Limite central inferior; Média= Média da Frequência cardíaca inicial de todas as sessões; LCS= Limite central superior. Gráfico demonstrando os valores da frequência cardíaca inicial através da carta de controle. Fonte: Autores (2022).

A Figura 2 mostra os resultados da Frequência cardíaca inicial (FCi) média do grupo dentro dessas duas regiões demonstradas pela carta de controle estatístico, onde há evidência de diferença estatística entre as fases ($p < 0,05$), sugerindo que o tratamento contribuiu para a redução da frequência cardíaca dos pacientes na condição de repouso inicial.

Figure 2. Frequência cardíaca inicial (FCi) média ao longo do tratamento x fases do tratamento.

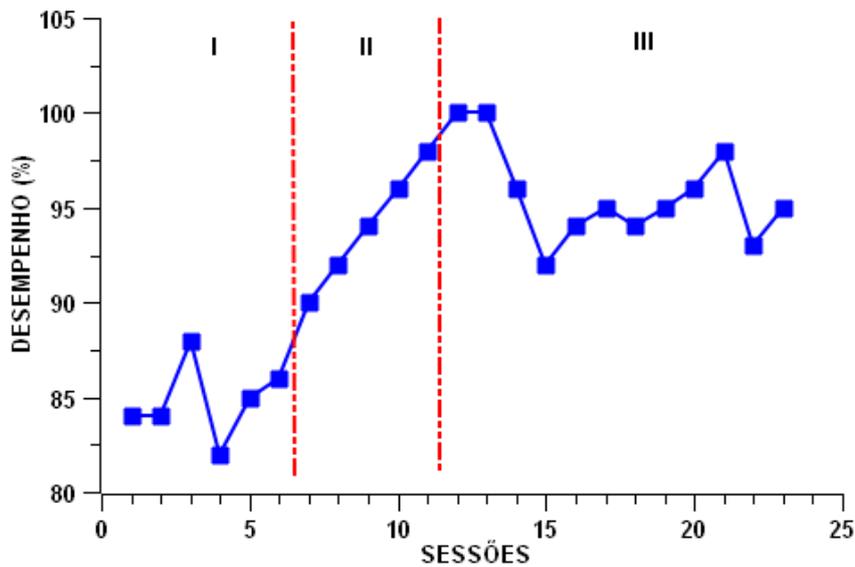


Foi utilizado o Teste t, onde * indica $p < 0,05$. Sessões 1-10 x Sessões 11-20. $n=14$. Fonte: Autores (2022).

3.3 Análise do desempenho durante o treino aeróbico

Na figura 3 está demonstrado um exemplo de dados normalizados do desempenho (velocidade média) durante o treino aeróbico de um paciente (A.P.J) que foram plotados. A partir da análise gráfica, foi possível estudar melhor o comportamento do desempenho ao longo das sessões, em que foi verificado ao decorrer da reabilitação que houve melhora do desempenho e que essa melhora se deu em fases/regiões. Para identificar essas fases foram analisados os gráficos e suas tendências, como um todo, de modo a se separar as regiões da evolução do treinamento. Uma vez definidas as regiões, como indicam as linhas verticais na Figura 3, as mesmas foram plotadas em um novo gráfico estratificado como visto na figura 4.

Figura 3. Gráfico plotado a partir do desempenho normalizado em % do participante A.P.J.

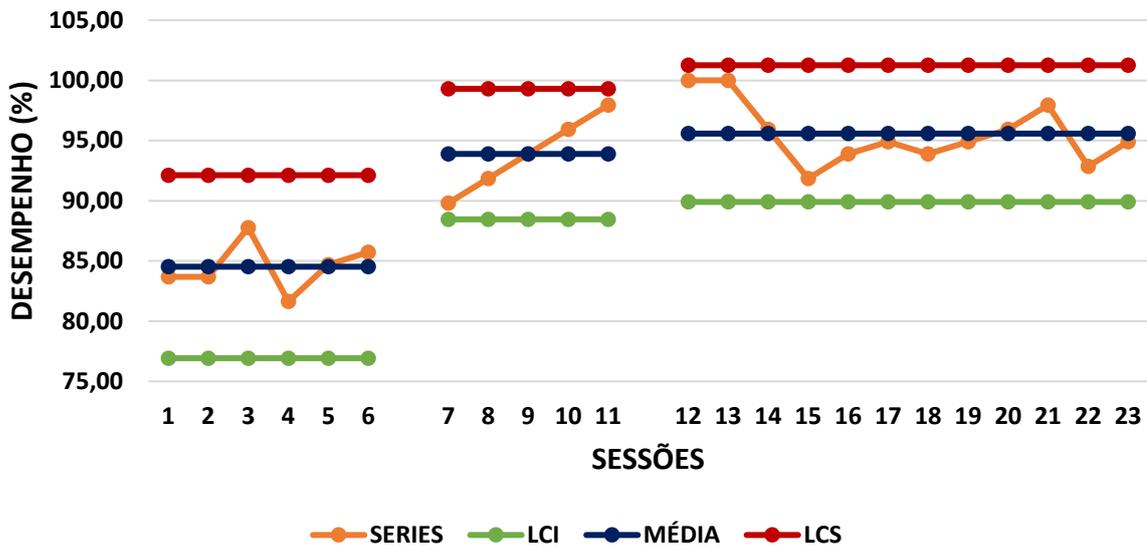


Fonte: Autores (2022).

Como comentado anteriormente, para o participante supracitado, foi possível observar 3 regiões de desempenho.

Desta forma, foi utilizada a mesma divisão para o cálculo da carta de controle estatística do desempenho ao longo das sessões, visualizada na Figura 4, em que foi mostrado que essas regiões tinham os dados dentro de limites estatísticos e por isso nos permitiu afirmar que o processo é estável e confiável, e que os dados ao longo das sessões sofreram uma variação em relação à média de cada região. Por exemplo, na região 1 a média do desempenho é de 85% (1ª a 6ª sessão), em que teve um padrão de pequenas variações para cima e para baixo na curva da média; já na segunda região (7-11ª sessão) o comportamento da variação foi de subida, e a partir da 12ª sessão, já na 3ª região, a variação inicial em relação a média demonstrou-se estável seguida de pequenas varrições em torno da média.

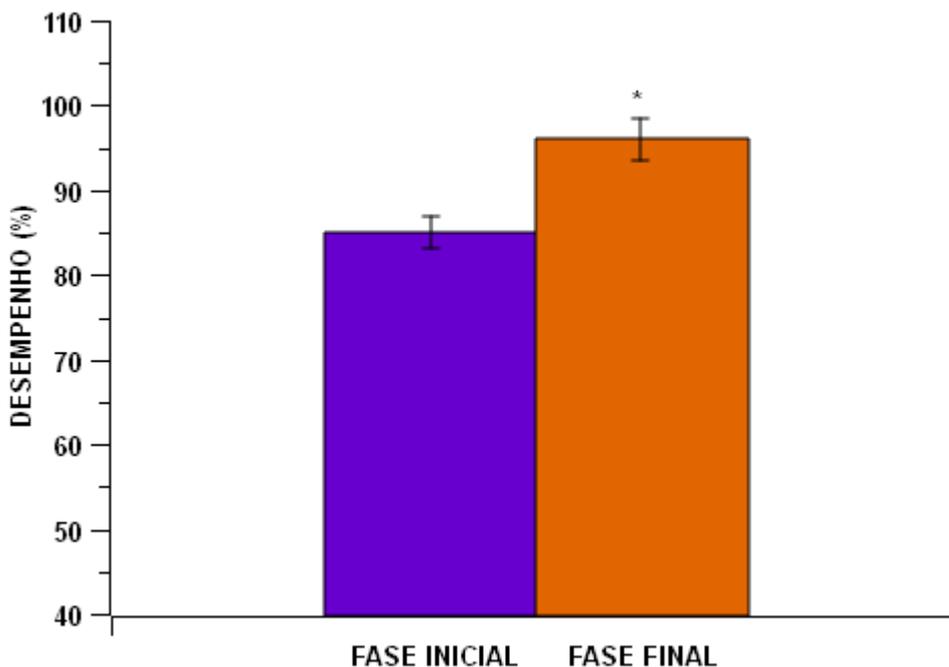
Figura 4. Gráfico Carta de controle estatística do desempenho do paciente (A.P.J) em função das sessões.



Séries = valores normalizados do desempenho de cada sessão; LCI – Limite central inferior; Média= Média do desempenho de todas as sessões; LCS= Limite central superior. Fonte: Autores (2022).

A Figura 5 representa a comparação do desempenho ainda referente do paciente A.P.J. No gráfico está sendo comparada a fase inicial (1ª a 6ª sessão) x fase final (a partir da 12ª sessão) do desempenho durante o tratamento, onde observa melhora do mesmo, com significância estatística ($p < 0,05$).

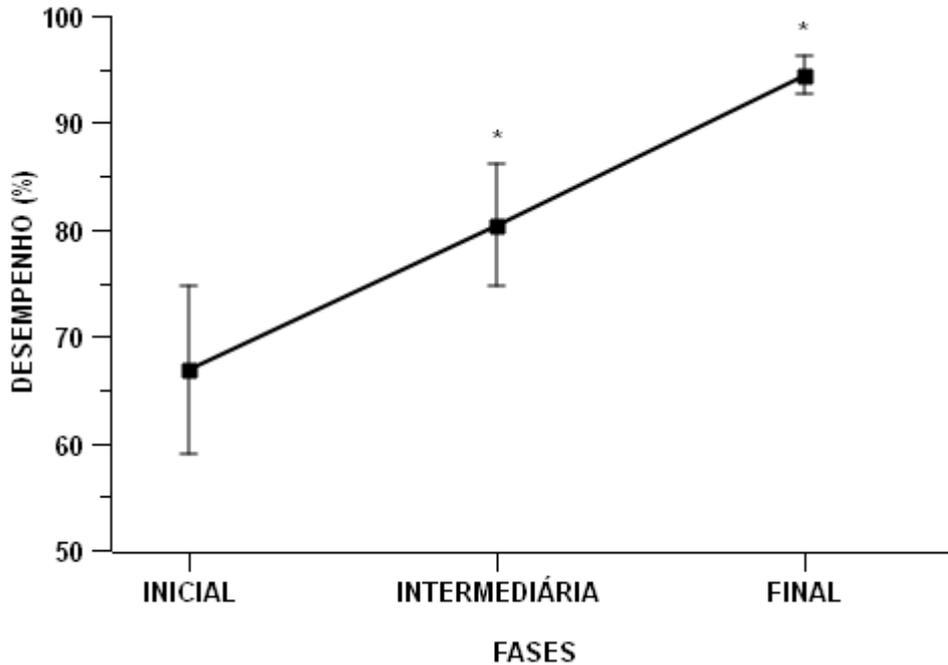
Figura 5. Comparação do desempenho do paciente A.P.J na fase inicial x fase final.



Foi utilizado o Teste t, onde * indica $p < 0,05$. Fase inicial x Fase final. $n=14$. Teste t. Fonte: Autores (2022).

Por meio das análises das cartas de controle de cada paciente, verificou-se a existência de 2 ou mais fases no desempenho (valores normalizados), sendo que dos 14 participantes, 12 apresentaram 3 fases e 2 tiveram 2 fases ao longo das sessões. Na Figura 6 observa-se melhora no desempenho de todos os participantes com diferença estatística ($p < 0,05$), comparando a fase inicial x final; fase inicial x intermediária; fase intermediária x final.

Figura 6. Desempenho médio de todos os participantes do treino aeróbico x fases.



Valores normalizados. Foi utilizado o Teste t, onde * indica $p < 0.05$. Fase inicial x fase intermediária, e fase inicial x fase final. $n=14$.
Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 2 estão demonstrados os valores do índice de desempenho em m/minuto e o mesmo índice em valor normalizado, separados em fases, conforme o comportamento no desempenho do treino aeróbico ao longo da reabilitação.

Tabela 2. Índice de desempenho de todos os participantes em m/min e valores normalizados.

Voluntários	Índice de desempenho m/min			Índice de desempenho Valor normalizado (%)		
	Fase I	Fase II	Fase III	Fase I	Fase II	Fase III
	Inicial	Intermediário	Final	Inicial	Intermediário	Final
A.P.J	69.03±1.55	76.67±2.36	78.06±2.02	85±1.9	94±2.89	96±2.48
N	6	5	12	6	5	12
C.JB.J	64±8.92	-	78±6.76	77±10.81	-	94±4.29
N	11	-	11	11	-	11
C.R.M	68±5.4	77±1.93	86±2.14	78±6.17	88±2.2	98±2.44
N	5	11	8	5	11	8
M.S.B	87±4.48	92± 3.23	99±2.47	84±4.33	89±3.13	96±2.39
N	6	10	5	6	10	5
M.S.O	66±10.52	89±3.4	96±4.85	74±10.18	86±3.29	93±4.69
n	6	5	12	6	5	12
R.M.S	54±5.78	70±2.78	75±2.28	69±7.38	89±3.55	96±2.9
n	6	8	8	6	8	8
R.C.B	37±4.9	48±2.53	55±3.6	60±8.06	78±4.15	91±5.92
n	6	8	9	6	8	9
S.P.S	34±2.47	39±5.16	50±1.25	65±5.16	76±9.99	97±2.41
n	9	10	5	9	10	5
T.I	44±3.23	62±7.16	78±3.17	52±3.88	74±8.59	93±3.8
n	5	12	6	5	12	6
A.L.S	42±4.52	-	47±12.86	78±8.48	-	88±5.36
n	6	-	15	6	-	15
E.V.S.O	19±0.93	25±1.21	31±1.9	60±2.85	77±3.74	94±5.84
n	9	7	4	9	7	4
J.R.O	24±1.78	34±3.54	46±2.62	49±3.59	69±7.16	92±5.29
n	7	6	9	7	6	9
L.N.S	19±0.7	20±0.38	24±0.48	76±2.79	80±1.53	97±1.9
n	6	11	6	6	11	6
R.R.S	24±2.64	30±1.9	41±3.25	51±5.67	64±4.09	89±6.96
n	8	8	8	8	8	8
Média	46.51±4.13	55.17±2.97	63.17±2.83	66.9±7.9	80.4±5.71	94.4±1.79
n	6.86±1.68	8.42±2.29	8.43±3.06	6.86±1.68	8.42±2.29	8.43±3.06

Valores expressões em média ± desvio padrão. n=14.

Legenda: m/min= metros por minuto; n=número de sessões; = não apresentou fase intermediária. 12 indivíduos apresentaram 3 fases e 2 participantes 2 fases.

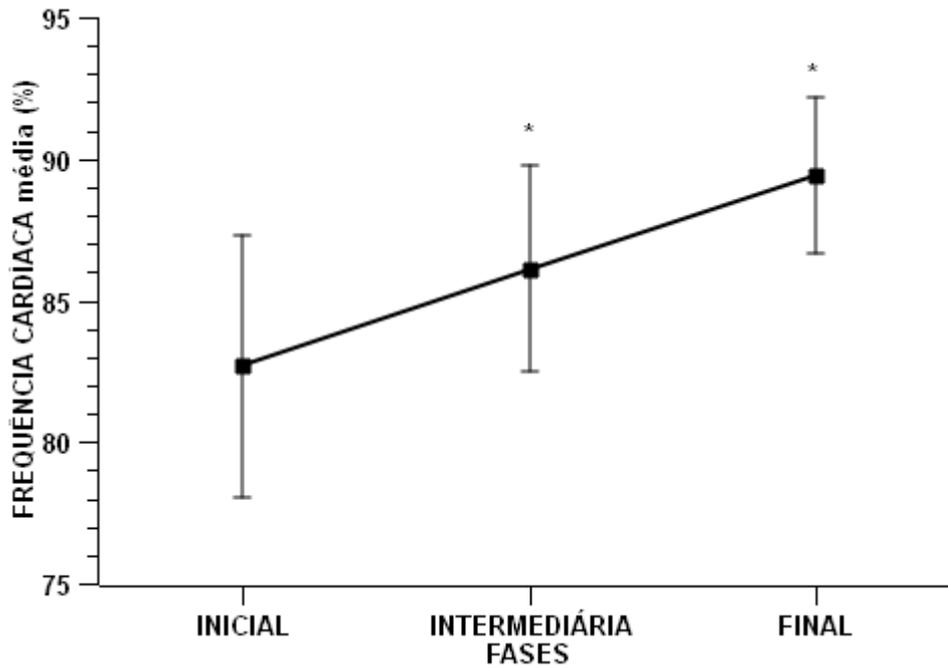
Note: Todos os indivíduos completaram as 24 sessões de tratamento, entretanto foram utilizadas um mínimo de 20 sessões para a identificação das fases com a carta de controle estatística, pois algumas sessões foram excluídas porque tinham uma ou mais com dados incompletos, seja por algum erro de leitura dos aparelhos de avaliação; término do exercício mais cedo devido algum sintoma anormal relatado pelo paciente ou cessação do exercício devido aumento exacerbado da escala de BORG, PAS, PAD, FC, mesmo com diminuição da intensidade, situação ocorrida visando sempre a segurança do voluntário.

Fonte: Autores (2022).

3.4 Comportamento da FC durante o treino aeróbico

Na Figura 7, são demonstrados os resultados do comportamento da frequência cardíaca média de todos os participantes, em função das mesmas fases identificadas para o desempenho (valores normalizados) durante o exercício aeróbico. Foi observada uma variação de 6% da frequência cardíaca média da fase inicial para final, com diferença estatística ($p<0,05$). Apesar do pequeno aumento da FC média foi observado que os pacientes melhoraram seu desempenho em cerca de 30% durante o protocolo (Figura 6), demonstrando que os mesmos conseguiram evoluir na velocidade, elevando pouco a FC média de esforço em comparação às primeiras sessões de tratamento, mas ainda na faixa da *FC treinamento* durante o treino aeróbico.

Figure 7. Frequência cardíaca média das fases do desempenho durante o treino aeróbico.

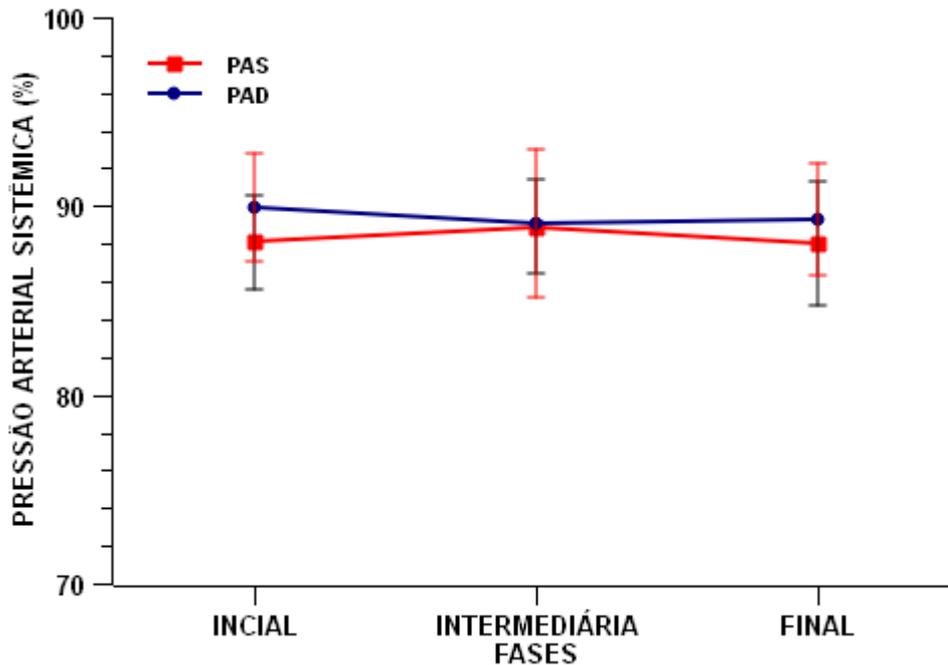


Valores normalizados. Foi utilizado o Teste t, onde * indica $p < 0,05$. Fase inicial x fase intermediária, e fase inicial x fase final. $n=14$.
Fonte: Autores (2022).

3.5 Comportamento da PAS e PAD durante treino aeróbico

Na Figura 8 verificou-se o comportamento da pressão arterial sistêmica normalizadas, a PAS e PAD durante a condição de exercício aeróbico do treinamento. Foram utilizadas as mesmas fases e pacientes já descritos anteriormente. Na análise dos dados verificou que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) da PAS ou PAD entre as fases do treinamento, demonstrando que os voluntários melhoraram o desempenho ao longo da reabilitação sem variações significativas para o aumento ou diminuição da SBP ou DBP no esforço.

Figure 8. Média da Pressão arterial sistêmica nas fases do desempenhos durante o treino aeróbico.



Valores normalizados. Fase inicial x fase intermediária, e fase inicial x fase final. Não houve diferença estatística ($p > 0.05$). $n=14$. PAS= Pressão arterial sistólica; PAD= Pressão arterial diastólica. Fonte: Autores (2022).

3.6 Comportamento da SPO₂ durante exercício.

Na tabela 3, estão demonstrados os valores da SpO₂ de cada participante no repouso inicial e a SpO₂ no esforço. Foi adicionada uma coluna com a informação da variação da saturação (SpO₂ média inicial – SpO₂ média esforço). A maior variação foi de 3.46% no participante T.I. Nenhum dos participantes necessitou de suplementação de oxigênio. Os dados da tabela não foram normalizados, são referentes aos valores absolutos.

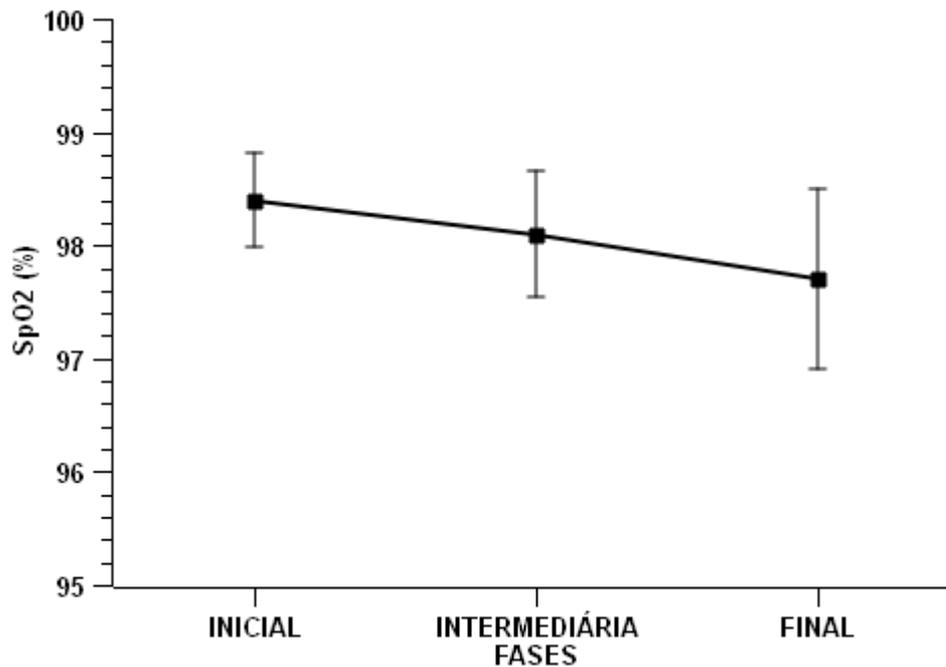
Tabela 3. Valores absolutos da Saturação periférica de oxigênio (SpO₂) no repouso inicial e no treino aeróbico de todos os participantes.

Voluntário	Inicial SpO ₂	SpO ₂ treino aeróbico	Δ SpO ₂
A.P.J	95.08±0.81	94.39±0.69	0.69
C.J.B.J	95.33±1.11	94.77±1.17	0.56
C.R.M	96.96 ±1.4	96.52±0.94	0.44
M.S.B	94.9±1.15	94.71±0.63	0.19
M.S.O	97.08±1.8	95.24±1.83	1.84
R.M.S	95.48±1.58	93.89±1.38	1.59
R.C.B	96.58±1.32	96.13±1.03	0.45
S.P.S	97.33±1.43	97.25±1.38	0.08
T.I	94.0±1.41	90.54±1.89	3.46
A.L.S	97.86±1.18	97.71± 1.15	0.15
E.V.S.O	97.62±0.65	97.78±0.58	-0.16
J.R.O	95.46±1.6	95.93±0.92	-0.47
L.N.D	95.17±1.49	95.01±0.75	0.16
R.R.S	95.96±7.24	95.06±0.81	0.9
Média	96.06±1.28	95.35±0.4	0,71±0,97

Valores expressos em média ± desvio padrão. $n=14$. Legenda: SpO₂= Saturação periférica de oxigênio (valores absolutos); Δ= Variação SpO₂ média inicial – SpO₂ média esforço. Fonte: Autores (2022).

Na Figura 9, pode-se verificar o comportamento da oxigenação média normalizada (SpO₂ %) durante a condição de exercício do treinamento. Foram utilizadas as mesmas fases e pacientes já descritos anteriormente. Nota-se uma pequena variação dos valores de SpO₂% durante as fases do treino aeróbico, porém sem significância estatística ($p>0.05$).

Figure 9. Comportamento da SpO₂ (normalizada) nas fases do desempenhos durante o treino aeróbico.



Valores normalizados. Fase inicial x fase intermediária, e fase inicial x fase final. Não houve diferença estatística ($p>0.05$). $n=14$. SpO₂= Saturação periférica de oxigênio média normalizada. Fonte: Autores (2022).

4. Discussão

Neste estudo foram analisados o comportamento dos sinais vitais no repouso, esforço e na recuperação pós exercício, em um protocolo de reabilitação cardiopulmonar adaptado para sujeitos com doenças do sistema nervoso central. Foram 3 meses de reabilitação, com tempo médio de treino aeróbico de 25 minutos.

Nos resultados, comparando a FC inicial x FC recuperação após 5 minutos de descanso inativo pós exercício não retornou aos valores iniciais, inclusive a diferença obteve significância estatística ($p<0.05$). Houve uma redução em relação ao esforço (26,64 bpm), mas ainda não atingiu os valores da FC inicial. Antelmi e colaboradores (2008) estudaram a FC recuperação pós um teste de esforço máximo em sujeitos de ambos os gêneros, hígidos e sedentários. Os autores verificaram que a queda mais evidente da FC foi nos dois primeiros minutos, mas que geralmente a FC não retornava aos valores basais, mesmo após 5 minutos de recuperação (redução 68 bpm), corroborando com nosso trabalho em relação a não retornar aos valores basais neste período.

Peçanha e colaboradores (2021) trazem que fisiologicamente a FC de recuperação ocorre em duas fases: rápida e lenta devido à ação do comando central e do mecanorreceptor. Os referidos autores relatam que diferente da FC de recuperação, a pressão arterial sistêmica diminui quase que imediatamente após o exercício, chegando a valores basais mais rápido quando comparada a FC. Em nossos resultados, a PAS recuperação teve diferença estatística em comparação a PAS inicial ($p=0.05$), mas com valor absoluto próximo, enquanto a DBP não apresentou variação significativa ($p>0.05$).

O estudo da FC de recuperação é importante, pois em indivíduos com lesão neurológica ela pode ser afetada devido a uma disfunção do sistema nervoso autônomo e regulação inadequada da FC (Leddy et al.,2018; Raimundo et al., 2013). A FC

de recuperação mais tardia se mostra um forte preditor para o desenvolvimento de diversas doenças cardiovasculares e para mortalidade (Zubac et al., 2021).

Raimundo e colaboradores (2013) realizaram avaliação dos sinais vitais e da variabilidade da frequência cardíaca de indivíduos com acidente vascular encefálico no repouso, exercício aeróbico (intensidade de 50-70% da FC máxima) e recuperação em uma única sessão. Diferente do nosso estudo a FC de recuperação retornou ao basal, porém no trabalho comentado a FC pico do exercício foi 114 bpm, com redução para 73 bpm após recuperação, em nosso trabalho obteve a redução de 126 bpm para 96 bpm. Ainda, os autores não citam o tempo que consideraram do repouso final, se utilizaram 5 minutos ou os 30 minutos totais de recuperação descrita na metodologia.

Ainda sobre a FC de repouso, mas agora considerando só o repouso inicial, a faixa de normalidade da FC é entre 50 bpm e 100 bpm, segundo Pastore e colaboradores (2016) na III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre análise e emissão de laudos eletrocardiográficos. Entretanto, alguns estudos evidenciam que uma FC elevada está diretamente relacionada com o risco de desenvolver doenças cardiovasculares e é um preditor de mortalidade de indivíduos com doenças cardíacas e não cardíacas (Cornelissen et al., 2010; Palatini, 2007). Apesar da ampla faixa de normalidade citada da FC de repouso, Palatini (2007) traz a informação em seu trabalho que valores acima de 80-85 bpm/min já estão associados a um maior risco de morbidades e mortalidade. Nesse estudo, foi analisado o comportamento da FC de repouso inicial ao longo das doze semanas utilizando a carta de controle estatístico como ferramenta, com isso, foi verificado que a FCi se comportou em duas fases, em que na média geral da segunda fase foi verificada redução da FC inicial ~3% ($p < 0.05$) comparada com a primeira fase. Diferente da revisão sistemática de Pang et al., (2013), sobre a temática do uso do exercício aeróbico em participantes pós acidente vascular encefálico. Dos trabalhos que avaliaram a FCi, não foi verificado diferença estatística quanto a queda da FCi pós-tratamento. Comparando o protocolo destes estudos com a pesquisa em questão, o que mais divergiu foi à duração da reabilitação, em que eles variavam de 3 a 10 semanas, enquanto o nosso foi de 12 semanas.

Durante o treino aeróbico foram avaliados o desempenho (velocidade média de caminhada) e os sinais vitais. Para as análises, também utilizamos a carta de controle estatística. Iniciamos avaliando o desempenho, em que o progresso se deu em fases. Cerca de 14,29% ($n=2$) dos participantes apresentaram 2 fases de evolução e 85,71% ($n=12$) apresentaram 3 fases de evolução, com o número de sessões médio de 6.86, 8.42 e 8.43 para a primeira, segunda e terceira fase, respectivamente.

Comparando a fase inicial x final, observou-se melhora do desempenho de 46.51 m/min para 63.17 m/min em valores absolutos, ou ~30% em valores normalizados ($p > 0.05$). Utilizamos valores normalizados para ter uma condição de comparação entre os participantes do estudo, uma vez que se trata de uma amostra heterogênea, em que além da etiologia diferente da patologia de base, cada indivíduo possui um nível de condicionamento prévio.

A velocidade média de caminhada de uma pessoa saudável na faixa etária de 20-70 anos, sem doenças neurológicas, musculoesqueléticas ou cardiovasculares é de 83.45 m/min (Bohannon, 1997) e para pacientes com distúrbios neurológicos extra-piramidais é de 57.6 m/min e piramidais de 35.4 m/min (Busse et al., 2005). Logo, o desempenho médio dos participantes do presente estudo, que antes era de 54.73% do valor de normalidade de um indivíduo hígido foi para 73.93% da faixa normal.

A redução da velocidade da marcha em sujeitos espásticos, como os hemiparéticos, se dá devido à própria condição do músculo espástico, em que tem uma determinada resistência ao movimento, o que pode até dobrar o custo de energia para a mobilidade (Boyne et al., 2015). O treino de marcha na esteira é mais benéfico para o aumento da quantidade de passos em relação ao tratamento convencional de fisioterapia sem o equipamento (Mehrholtz et al., 2017), e ainda, associado à intensidade e frequência de treinos ideais, pode ser utilizada com treino aeróbico, trabalhando além do sistema musculoesquelético, o cardiorrespiratório também (Lee & Stone, 2020; Boyne et al., 2015; Pang et al., 2013).

Na metanálise de Mehrholz et al., (2017), a reabilitação utilizando a esteira só aumentou a velocidade de marcha em trabalhos que não utilizaram o suporte de peso corporal, enquanto nesse estudo, observamos melhora do desempenho utilizando o suporte de peso corporal em 30% ($p < 0,05$).

A melhora da marcha em treino de esteira pode ser atrelada pelo motivo de submeter o paciente a uma prática intensiva de ciclos de marcha complexos, em que na esteira o terapeuta pode elevar a velocidades e consequentemente, aumentar a quantidade de ciclos de marcha (Polese et al., 2013). Associada essa prática intensiva, já é conhecido que com um treinamento a longo prazo, há um aumento de fluxo sanguíneo no membro inferiores parético e não parético (Pang et al., 2013).

Nas mesmas fases do comportamento do desempenho, foram avaliados os sinais finais. Foram observados que os sinais da FC, PAS, PAD e BORG aumentaram em relação ao repouso, de acordo com o fisiológico durante o exercício. Estudos da literatura trazem que devido à nova demanda muscular, é necessário adaptações do organismo para suprir o maior consumo do oxigênio, como elevação da FC e pressão arterial sistêmica, além de outras variáveis, chamados de efeitos agudos imediatos do exercício (Monteiro & Sobral-Filho, 2004; Chaitman, 2003; Alonso et al., 1998).

Durante o exercício, comparando as fases de evolução de desempenho, elevou-se cerca de 6%, comparando fase inicial x final ($p < 0,05$), mas ainda, mantendo dentro da faixa da FC de treinamento (50-75%), fator importante para a reabilitação que forneça uma intensidade suficiente para gerar adaptações fisiológicas benéficas para o paciente, sem colocá-los em riscos elevados de sofrerem algum evento cardiovascular durante terapia (Carvalho et al., 2020; Karvonen & Vuorimaa, 1988).

A pressão arterial apresentou variações durante treino aeróbico, mas na média geral, acompanhando o desempenho, não obteve valores significativos de aumento ou diminuição em relação à fase inicial x final ($p > 0,05$), tanto para PAS e PAD. De acordo com a Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular de 2020, o valor máximo permitido para iniciar uma sessão de exercício deve ser de até 160x100 mmHg e é recomendado que a pressão arterial se mantenha inferior a 220x105 mmHg durante o esforço (Carvalho et al., 2020).

Foi monitorado também a SpO₂ durante o esforço para verificar se a nossa amostra apresentaria algum distúrbio ventilatório frente ao esforço. No presente estudo, a SpO₂ não apresentou variações com diferença estatística entre as fases do desempenho ($p > 0,05$), com o maior delta variação de 3.46 (esforço – repouso inicial). No protocolo nenhum participante apresentou dessaturação no exercício, considerando o valor de referência para tal de queda da SpO₂ $\geq 4\%$ ou SpO₂ $< 90\%$ (Hardinge et al., 2015). É interessante estudar a dessaturação durante o exercício, pois além de avaliar a necessidade de oxigenoterapia, essa condição está associada ao aumento do risco de mortalidade (van Guestel et al., 2012). E mesmo a oxigenioterapia ser um dos recursos que podem ser utilizados em uma reabilitação, não foi necessária a suplementação de oxigênio no decorrer do protocolo, pois nenhum participante atingiu valores abaixo de SpO₂ 88% (van Guestel et al., 2012).

5. Conclusão

Foi verificado que ao final da reabilitação de 12 semanas, obtivemos diminuição da FC inicial, mas sem efeito redutor sobre a FC de recuperação, em que apesar da queda em relação ao esforço, ela não retornou aos valores basais após repouso passivo de 5 minutos.

Em relação ao repouso inicial e esforço, o BORG, PAS, PAD e FC elevaram. Mas, ao isolar a avaliação apenas no treino aeróbico, verificado por meio as fases do desempenho, apenas a FC obteve diferença estatística com aumento de 6% em relação a fase inicial x fase final do esforço enquanto as variações da PAS, PAD e SpO₂ não foram significativas. Os participantes não apresentam dessaturação durante o exercício.

Em suma, nosso protocolo de intensidade moderada, 2x semana, durante 12 semanas demonstrou-se ser seguro para a população com doenças neurológicas. Ainda, reduziu a FC inicial e aumentou em 30% o desempenho dos participantes, sem variações anormais dos sinais vitais durante o esforço.

Referências

- Akkurt, H. et al. (2017). The effects of upper extremity aerobic exercise in patients with spinal cord injury: a randomized controlled study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(2), 219-27. [10.23736/S1973-9087.16.03804-1](https://doi.org/10.23736/S1973-9087.16.03804-1)
- Alonso, D. O. et al. (1998). Heart Rate Response and Its Variability During Different Phases of Maximal
- Amin, S. G. (2001). Control charts 101: a guide to health care applications. *Qual Manag Health Care*, 9(3), 1-27.
- Antelmi, I., Chuang, E. Y., Grupi, C. J., Latorre, M. R. D. O., & Mansur, A. J. (2008). Heart Rate Recovery after Treadmill Electrocardiographic Exercise Stress Test and 24-Hour Heart Rate Variability in Healthy Individuals. *Arq Bras Cardiol*, 90(6), 380-385.
- Ayoub, S., et al. (2020). The positive and the negative impacts of spasticity in patients with long-term neurological conditions: an observational study. *Disability and Rehabilitation*. doi.org/10.1080/09638288.2020.1742803
- Baddeley, A. D., (2003) Working memory: looking back and looking forward. *Nat. Rev. Neurosci.* 4, 829–839.
- Bohannon, R. W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age and Ageing*, 26: 15-19.
- Boyne, P. et al. (2015). Predicting Heart Rate at the Ventilatory Threshold for Aerobic Exercise Prescription in Persons With Chronic Stroke, *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 39 (4), 233-240.
- Carvalho, T. et al. (2020). Brazilian Cardiovascular Rehabilitation Guideline – 2020. *Arq. Bras. Cardiol.*, 114 (5), 943-987.
- Chaitman, B.R. (2003) Abnormal heart rate responses to exercise predict increased long-term mortality regardless of coronary disease extent: the question is why? *J Am Coll Cardiol*, 3:42(5):839-41.
- Cornelissen, V.A., Verheyden, B., Aubert, A.E., & Fagard, R.H. (2010). Effects of aerobic training intensity on resting, exercise and post-exercise blood pressure, heart rate and heart-rate variability. *J Hum Hypertens.*, 24(3):175-82.
- Cunha, F. A.; Montenegro, R. A.; & Farinatti, P. T. V., (2013) Qual é a melhor estratégia de prescrição do exercício aeróbico para aumentar o dispêndio energético em pacientes sedentários. *Revista HUPE*, 12(4), 66-77, 2013.
- Graded Exercise. *Arq. Bras. Cardiol.*, 71 (6), 787-792.
- Hardinge, M., et al. (2015). British Thoracic Society guidelines for home oxygen use in adults. *Thorax*, 70:i1–i43.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Practical application. Sports Medicine*, 5(5), 303-311.
- Koetsier, A., van der Veer, S. N, Jager, K. J., Peek, N., & Keizer, N. F. (2012). Control charts in healthcare quality improvement. A systematic review on adherence to methodological criteria. *Methods Inf Med.*, 51(3), 189-98.
- Leddy, J. J., Haider, M. N., Ellis, M., & Willer, B. S. (2018). Exercise is Medicine for Concussion. *Current sports medicine reports*, 17(8), 262–270.
- Lee, J., & Stone, A. J. (2020). Combined Aerobic and Resistance Training for Cardiorespiratory Fitness, Muscle Strength, and Walking Capacity after Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 29(1):104498.
- Li, L. et al., (2014) Acute Aerobic Exercise Increases Cortical Activity during Working Memory: A Functional MRI Study in Female College Students. *PLoS One*, 9(6).
- Malta, D.C., et al. (2013). Prevalência autorreferida de deficiência no Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. *Ciência & Saúde Coletiva*. 21(10):3253-3264, 2016.
- Mehrholtz, J., Thomas, S., Elsner, B. (2017). Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *The Cochrane database of systematic reviews*, 8(8), CD002840.
- Monteiro, M. M., & Sobral-Filho, D.C. (2004). Physical exercise and blood pressure control. *Rev Bras Med Esporte*, 10 (6), 517-519.
- Organização Mundial da Saúde, Relatório mundial sobre a deficiência. *Governo do Estado de São Paulo*, 2011.
- Ovando, A. C., et al. (2010) Treinamento de marcha, cardiorrespiratório e muscular após acidente vascular encefálico: estratégias, dosagens e desfechos. *Fisioter. Mov.*, 23(2), 253-269.
- Palatini, P. (2007). Heart rate as an independent risk factor for cardiovascular disease: current evidence and basic mechanisms. *Drugs*, 67 Suppl 2:3-13.
- Pang, M.Y., Charlesworth, S.A., Lau, R.W., & Chung, R.C. (2013). Using aerobic exercise to improve health outcomes and quality of life in stroke: evidence-based exercise prescription recommendations. *Cerebrovasc Dis.*, 35(1):7-22.

- Parker-Ângulo, F. J.; & Adkinson, J. M., (2018). Common Causes of Upper Extremity Spasticity. Elsevier Inc. 2018.
- Pastore, C.A. et al. (2016). III Diretrizes Da Sociedade Brasileira De Cardiologia Sobre Análise e Emissão De Laudos Eletrocardiográficos. *Arq Bras Cardiol.*, 106(4 Suppl 1):1-23.
- Peçanha, T. et al. (2021). Activation of Mechanoreflex, but not Central Command, Delays Heart Rate Recovery after Exercise in Healthy Men. *Int J Sports Med.*, 42(7), 602-609.
- Polese, J.C. et al. (2013). Treadmill training is effective for ambulatory adults with stroke: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 59(2):73-80.
- Raimundo, R. D. et al. (2013). Heart Rate Variability in Stroke Patients Submitted to an Acute Bout of Aerobic Exercise. *Transl. Stroke Res.*, 4, 488-499.
- Ramos, L. A. M., et al. (2021). As principais doenças do sistema nervoso atendidas em ambulatórios de fisioterapia e suas repercussões na atenção à saúde: Revisão Narrativa. *Revista CPAQV – Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida*. 13(1), 2.
- Sands, W. et al. (2019). Recommendations for Measurement and Management of an Elite Athlete. *Sports*, 7(5), 105.
- van Gestel, A. J. R. et al. (2012). Prevalence and Prediction of Exercise-Induced Oxygen Desaturation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Respiration*, 84:353-359.
- Viana, R.B. et al. (2021). Percepção subjetiva de esforço durante uma sessão de exergame em homens jovens saudáveis. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. 15(96), 203-211.
- Zubac, D. et al. (2021). Independent influence of age on heart rate recovery after flywheel exercise in trained men and women. *Sci. Rep.*, 11, 12011.