



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação
Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

ROBERTO MIRANDA RAMOS COSTA

**APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM ESFORÇO E CONTROLE
AUTONÔMICO CARDÍACO EM INDIVÍDUOS COM AMPUTAÇÃO
UNILATERAL DE MEMBRO INFERIOR**

RIO DE JANEIRO

2020

ROBERTO MIRANDA RAMOS COSTA

**APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM ESFORÇO E CONTROLE
AUTONÔMICO CARDÍACO EM INDIVÍDUOS COM AMPUTAÇÃO
UNILATERAL DE MEMBRO INFERIOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta como requisito parcial para obtenção do grau de mestre, na linha de pesquisa: Reabilitação no Esporte e no Esporte Adaptado.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia dos Santos Vigário

Rio de Janeiro

2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pelo Sistema de bibliotecas e
Informação - SBI - UNISUAM

615.8 Costa, Roberto Miranda Ramos

C837a Aptidão cardiorrespiratória em esforço e controle autonômico cardíaco em indivíduos com amputação unilateral de membro inferior / Roberto Miranda Ramos Costa - Rio de Janeiro, 2020
94 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação). Centro Universitário Augusto Motta, 2020.

1. Fisioterapia. 2. Amputação. 3. Limiar ventilatório 4. Frequência cardíaca- variabilidade.

I. Título.

CDD 22.ed.

**APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM ESFORÇO E
CONTROLE AUTÔNOMICO CARDÍACO EM INDIVÍDUOS COM
AMPUTAÇÃO UNILATERAL DE MEMBRO INFERIOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta como requisito parcial para obtenção do grau de mestre, na linha de pesquisa: Reabilitação no Esporte e no Esporte Adaptado.

Data de aprovação: 18 de dezembro de 2019.

Orientador (a): *Patrícia dos Santos Vigário*

Prof. Dr^a. Patrícia dos Santos Vigário
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

Banca Examinadora:

Aginaldo José Lopes

Prof. Dr. Aginaldo José Lopes
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

Artur de Sá Ferreira

Prof. Dr. Arthur de Sá Ferreira
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

Miriam Raquel Meira Mainenti

Prof. Dr^a. Miriam Raquel Meira Mainenti
Escola de Educação Física do Exército (EsEFEX)

AGRADECIMENTOS

Agradecer é um sentimento de constante gratidão. Agradecer faz parte ou deveria fazer parte de todo processo de construção e evolução, é o momento em que lembramos das pessoas que foram importantes em nossa caminhada. É também o momento em que fazemos uma análise retrospectiva dos que nos ajudaram a construir pontes, das pessoas que nos permitiram sonhar.

Queridos pais, não existem palavras que consigam descrever os 38 anos que vocês regam diariamente as suas sementes. Se cheguei até aqui é porque o amor de vocês permitiu. Juntos sempre. Em qualquer hora, em qualquer tempo, em qualquer mar. Amo vocês!

As minhas irmãs, Mariana e Adriana. Obrigado por não desistirem de mim, o sistema é feito para que nós, jovens negros da periferia não ocupe espaços. Por fim, estamos aqui, resistência sempre.

A minha esposa Clara, companheira de muitas batalhas. Juntos saímos do zero e fomos quebrando inúmeras barreiras para que hoje eu pudesse estar aqui. Gratidão por toda caminhada, gratidão por todos os momentos, gratidão.

As minhas tias, meninas incansáveis que por muitas vezes se viram sozinhas em suas lutas. Mesmo a distância em alguns momentos, vocês estão em meu coração.

As minhas grandes amigas Clarisse e Caroline, duas irmãs que a vida me deu. Lembrem-se: a Penha é o poder.

Aos meus grandes companheiros de laboratório: diretor (Pablo), Pati, Jeter, Joelson, Rômulo e Kátia, obrigado por todos os ensinamentos.

Aos meus queridos alunos da Equipe 15 pelos quais tenho um carinho imenso.

A minha orientadora Professora Patrícia Vigário, a quem me espelho como exemplo de profissional. Você nasceu educadora, respira a arte da orientação, e mais, se dedica inesgotavelmente para que seus alunos alcancem o sucesso. Que sua caminhada seja de luz sempre, muito obrigado por tudo!

Resumo

ROBERTO MIRANDA RAMOS COSTA. **Aptidão cardiorrespiratória em esforço e controle autonômico cardíaco em indivíduos com amputação unilateral de membro inferior**. 2020. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação) – Centro Universitário Augusto Motta, Rio de Janeiro.

A amputação de membros inferiores pode ocasionar alterações no sistema cardiorrespiratório e no controle autonômico cardíaco. O teste de esforço cardiopulmonar (TCPE) e a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) são, respectivamente, os métodos padrão-ouro para a investigação desses desfechos. Pouco se conhece sobre a aptidão cardiorrespiratória em diferentes níveis de intensidade em indivíduos amputados, o controle autonômico cardíaco e suas relações. **Objetivo:** Investigar a capacidade cardiorrespiratória em esforço, o controle autonômico cardíaco e a concordância entre o limiar ventilatório 1 (LV1) e o limiar da VFC (LiVFC) em indivíduos com amputação unilateral de membro inferior. **Método:** Estudo seccional com 6 indivíduos submetidos a um TCPE máximo utilizando um protocolo incremental em cicloergômetro para membros superiores. Os intervalos RR foram registrados pelo eletrocardiograma e processados no *software KUBIUS*. Foi feita a identificação do LiVFC pelos três métodos propostos a partir da contagem dos intervalos RR obtidos pelo ECG: *Standard deviation* ($SD1 \leq 1$ ms, $SD1 \leq 3$ ms e *Root Mean Square of the Successive Differences* ($RMSSD \leq 1$ ms). As seguintes variáveis cardiorrespiratórias foram consideradas: consumo de oxigênio de pico (VO_2 pico) relativo ($ml/kg \cdot min^{-1}$) e absoluto (L/min), ponto ótimo cardiorrespiratório (POC) e LV1. **Resultados:** Pelos métodos $SD1 \leq 1$ ms e $RMSSD \leq 1$ ms o LiVFC foi identificado em todos os participantes do estudo. Pelo método $SD1 \leq 3$ ms foi possível identificar o LiVFC em somente 66,7% (N=04) dos participantes. Os coeficientes de correlação intraclasse (ICC) entre a potência do teste (w) no momento do LV1 e os três índices utilizados para identificar o LiVFC foram classificados como “inaceitáveis” ($<0,40$), demonstrando, portanto, ausência de concordância (validade) entre os métodos. Os amputados apresentaram menor VO_{2pico} para a mesma intensidade de esforço quando comparados aos indivíduos sem amputação, assim como o VO_2 em intensidades submáximas de esforço, isto é, no POC e no LV1. No entanto, o grupo alcançou o LV1 em valores percentuais do VO_{2pico} semelhantes aos indivíduos não amputados. **Conclusão:** Não foram encontradas concordância entre o LiVFC e LV1 e os indivíduos com amputação de MI possuem uma menor aptidão cardiorrespiratória em diferentes intensidades de esforço quando comparados com indivíduos sem amputação.

Palavras-chave: Amputação; Limiar ventilatório; Variabilidade da frequência cardíaca.

ABSTRACT

ROBERTO MIRANDA RAMOS COSTA. **APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM ESFORÇO E CONTROLE AUTÔNOMICO CARDÍACO EM INDIVÍDUOS COM AMPUTAÇÃO UNILATERAL DE MEMBRO INFERIOR**. 2020. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação) – Centro Universitário Augusto Motta, Rio de Janeiro.

Amputation of lower limbs can cause changes in the cardiorespiratory system and in cardiac autonomic control. The cardiopulmonary stress test (CPET) and the analysis of heart rate variability (HRV) are, respectively, the gold standard methods for investigating these outcomes. Little is known about cardiorespiratory fitness at different levels of intensity in amputees, cardiac autonomic control and their relationships. **Objective:** To investigate cardiorespiratory fitness on exertion, cardiac autonomic control and the agreement between ventilatory threshold 1 (LV1) and HRV threshold (LiVFC) in individuals with unilateral lower limb amputation. **Method:** Sectional study with 6 individuals submitted to a maximum CPET using an incremental protocol in a cycle ergometer for upper limbs. RR intervals were recorded using the electrocardiogram and processed using the KUBIUS software. LiVFC was identified by the three methods proposed from the counting of RR intervals obtained by ECG: Standard deviation ($SD1 \leq 1$ ms, $SD1 \leq 3$ ms and Root Mean Square of the Successive Differences ($RMSSD \leq 1$ ms. The following cardiorespiratory variables were considered: peak oxygen consumption ($VO_{2\text{peak}}$) relative ($\text{ml} / \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$) and absolute (L / min), cardiorespiratory optimum (POC) and LV1. **Results:** By the methods $SD1 \leq 1$ ms and $RMSSD \leq 1$ ms, LiVFC was identified in all study participants. Using the $SD1 \leq 3$ ms method, it was possible to identify the LiVFC in only 66.7% ($N = 04$) of the participants. The intraclass correlation coefficients (ICC) between the test power (w) at the time of LV1 and the three indices used to identify the LiVFC were classified as “unacceptable” (<0.40), demonstrating, therefore, an absence of agreement (between methods. Amputees had lower $VO_{2\text{peak}}$ for the same intensity of effort when compared to individuals without amputation, as well as VO_2 at submaximal effort intensities, that is, in POC and LV1. However, the group achieved LV1 in percentage values of $VO_{2\text{peak}}$ similar to the non-amputated individuals. **Conclusion:** No agreement was found between LiVFC and LV1 and individuals with MI amputation have less cardiorespiratory fitness at different effort intensities when compared with individuals without amputation. **Keywords:** Amputation; Ventilatory threshold; Heart rate variability.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- FC** – Frequência Cardíaca
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- LAC** – Limiar de Lactato
- LIVFC** – Limiar da variabilidade da frequência cardíaca
- LV** – Limiar Ventilatório
- MI** – Membros inferiores
- OMS** – Organização Mundial de Saúde
- PA** – Pressão arterial
- PAF** – Perfuração por arma de fogo
- SNA** – Sistema nervoso autônomo
- SNS** – Sistema Nervoso Simpático
- SUS** – Sistema Único de Saúde
- TCPE** – Teste cardiopulmonar de esforço
- VFC** – Variabilidade da Frequência cardíaca
- SDNN** - Standart deviation of NN
- SDANN** - Standart deviation of averages NN
- SDNNi** - Standard deviations of all the NN intervals
- RMSSD** - Root Mean Square of the successive Differences
- PNN50** - Percentage of adjacent NN intervals
- HF** - High Frequency
- LF** - Low Frequency
- SD1** - Standard deviation
- SD2** - Standard deviation
- VO₂ máx.** – consumo (volume) máximo de oxigênio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Níveis de amputação dos membros inferiores	19
Figura 2 – Protocolo de colocação do eletrocardiograma de 12 canais	44
Figura 3 – Software KUBIUS e seu aspecto visual	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de estudos envolvendo a análise da variabilidade da frequência cardíaca em diferentes populações e desfechos	24
Tabela 2 – Estudos sobre controle autonômico cardíaco na amputação	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição do momento de ocorrência do LV1 dividido em quatro etapas	31
Quadro 2 - Critérios absolutos e relativos para a interrupção de um teste de esforço, de acordo com o <i>American College of Sports and Medicine</i>	46
Quadro 3 – Relação das variáveis consideradas na análise da VFC	48

Sumário

FICHA CATALOGRÁFICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
ABSTRACT	VII
CAPÍTULO 1 REVISÃO DE LITERATURA	14
1.1 A DEFICIÊNCIA: CONCEITOS E ASPECTOS E CONCEITOS EPIDEMIOLÓGICOS	16
1.2 AMPUTAÇÃO: CONCEITOS E ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS	17
1.3 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	19
1.4 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM ESFORÇO	27
1.5 PRIMEIRO LIMIAR VENTILATÓRIO	28
1.6 LIMIAR DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	30
1.7 CONTROLE AUTÔNOMICO CARDÍACO NA AMPUTAÇÃO	31
1.8 JUSTIFICATIVA	35
1.8.1 RELEVÂNCIA PARA AS CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO	36
1.8.2 RELEVÂNCIA PARA A AGENDA DE PRIORIDADES DO MINISTÉRIO DA SAÚDE	37
1.8.3 RELEVÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	37
1.9 OBJETIVOS	38
1.9.1 PRIMÁRIO/GERAL	38
1.9.2 SECUNDÁRIOS/ESPECÍFICOS	38
1.10 HIPÓTESES	39
CAPÍTULO 2 PARTICIPANTES E MÉTODOS	40
2.1 ASPECTOS ÉTICOS	40
2.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO	40
2.2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO	40
2.3 AMOSTRA	40
2.3.1 LOCAL DE RECRUTAMENTO DO ESTUDO	41
2.3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	41
2.3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	41
2.4 PROCEDIMENTOS/METODOLOGIA PROPOSTA	41
2.4.1 AVALIAÇÃO CLÍNICA	41
2.5 DESFECHOS	48
2.5.1 DESFECHO PRIMÁRIO	48
2.5.2 DESFECHO SECUNDÁRIO	48
2.6 ANÁLISE DOS DADOS	49
2.6.1 TAMANHO AMOSTRAL (CÁLCULO OU JUSTIFICATIVA)	49
2.6.2 VARIÁVEIS DE EXPOSIÇÃO	49
2.6.3 PLANO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
2.6.4 DISPONIBILIDADE E ACESSO AOS DADOS	50

<u>CAPÍTULO 3 RESULTADOS</u>	51
3.1 MANUSCRITO	51
3.2 ANÁLISE COM DISCUSSÃO DOS ÍNDICES SD1 E RMSSD DA VFC, E DE CONCORDÂNCIA ENTRE OS MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DO LIVFC E O LV1	67
<u>CAPÍTULO 4 CONCLUSÃO</u>	78
<u>REFERÊNCIAS</u>	80
<u>APÊNDICE 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</u>	87
<u>APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</u>	88
<u>CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA – UNISUAM</u>	88
<u>APÊNDICE 3 – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO MANUSCRITO</u>	90
<u>ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO RELATIVO À VARIÁVEIS DEMOGRÁFICAS, DEFICIÊNCIA E PRÁTICA ESPORTIVA</u>	91
QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO TREINAMENTO DESPORTIVO – PARADESPORTO	91
<u>APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</u>	
APÊNDICE 3 – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO MANUSCRITO	
<u>ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO RELATIVO À VARIÁVEIS DEMOGRÁFICAS, DEFICIÊNCIA E PRÁTICA ESPORTIVA</u>	

Capítulo 1 Revisão de Literatura

A amputação é caracterizada pela perda de um ou mais membros ou parte dele, e varia dependendo da causa e da localização anatômica (CROSS et al., 2014). As principais causas são: acidentes automobilísticos (AL IMAM et al., 2019), diabetes mellitus (MOXEY et al., 2011) e problemas cardiovasculares (IBGE, 2010). A maior prevalência decorre das doenças crônicas – degenerativas e acometem mais frequentemente os idosos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

No ano de 2011, 94% das amputações realizadas pelo Sistema Único de Saúde (SUS) foram de membros inferiores (MI) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). A amputação resulta em mobilidade reduzida (CZERNIECKI & MORGENROTH, 2015) acarretando numa pior condição física e aptidão cardiorrespiratória (AMTMANN et al., 2015). Medições do volume de oxigênio durante o esforço realizado na deambulação são comumente utilizadas para descrever a aptidão cardiorrespiratória de indivíduos amputados de MI. Quando comparamos amputados e não amputados, durante testes de caminhada em esteira e na pista, observamos que a amputação demanda um maior gasto energético. Ou seja, amputados consomem um percentual maior da sua capacidade máxima de captação de oxigênio durante a caminhada quando comparados com pessoas sem amputação (STARHOLM et al., 2015).

A pior condição física também pode influenciar outros aspectos fisiológicos como o funcionamento do controle autonômico cardíaco, aumentando o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (CASHADIÑA et al., 2013).

Sendo a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) um método para avaliarmos o funcionamento do controle autonômico cardíaco, a VFC pode ser uma ótima ferramenta clínica para detecção de possíveis doenças cardiovasculares (VANDERLEI et al., 2009). Hedelin et al. (2000) e Tsuji et al. (1996) afirmam que quanto maior for a variabilidade cardíaca durante o repouso, mais saudável é o indivíduo, e quanto menor a variabilidade existe um risco maior de morbidade e mortalidade cardiovascular.

Vanderlei et al. (2009) afirmam que atualmente a VFC tornou-se uma forma de avaliação do sistema nervoso autônomo (SNA) e pode ser utilizado como preditor do funcionamento do organismo, em pessoas saudáveis ou com alguma patologia.

Ramos-Campo et al. (2018) concluíram que o método da VFC é capaz de identificar a intensidade do exercício em que ocorre a transição para uma maior atividade simpática através do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) e sua relação com equivalentes percentuais ao consumo de oxigênio no pico do esforço (VO_2 pico).

Um método empregado para a determinação do LiVFC é observar o comportamento do índice SD1 (dispersão dos pontos perpendiculares a linha de identidade e representa um índice instantâneo da variabilidade batimento a batimento), quando seu valor se iguala ou se torna menor do que 3 ms determina-se que este é o ponto do LiVFC, e estudos tem demonstrado uma estreita relação com o primeiro limiar ventilatório (LV1) (FRONCHETTI et al., 2006; LIMA & KISS, 1999). O LV1 é uma das variáveis utilizadas para descrever a aptidão cardiorrespiratória de diferentes grupos populacionais e, por isso, é frequentemente utilizado como parâmetro para a prescrição do exercício (COTTIN et al., 2007).

Novelli et al. (2018) identificaram que os valores de SD1 representados nos índices da VFC durante testes de caminhada, e que a determinação do LiVFC parece ser reprodutível independente dos critérios de determinação da VFC, da população avaliada e do protocolo de teste utilizado. Vasconcellos et al. (2015) utilizaram o índice RMSSD (é a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms) para aferir o LiVFC. Para tal, o LiVFC foi determinado através do comportamento do índice RMSSD durante janelas de 60s, e foi definido pelo ponto em que a VFC teve uma deflexão entre intervalos consecutivos menor ou igual a 1 ms, influenciando diretamente o sistema parassimpático.

Indivíduos com amputação de membros inferiores possuem alterações parassimpáticas (diminuído durante o repouso) e simpáticas (aumentado durante o repouso) (MODAN et al., 1995), e estas são decorrentes dos seguintes fatores de exposição: resistência à insulina, sedentarismo, excessivo consumo de álcool (NASCHITZ & LENGGER, 2008), hiperglicemia (MODAN et al., 1995), esforço acentuado durante a marcha (KAPTEIN et al., 2017).

Um estudo mostrou que amputados de MI tiveram um aumento da banda de baixa frequência LF (componente de baixa frequência com variação entre 0,04 e 0,15Hz, decorre da atuação dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático) durante a ingestão de glicose quando comparados com

controles (MODAN et al., 1998). Cachadiña et al. (2013) notaram uma queda nos valores lineares de RMSSD e HF (componente de alta frequência com variação de 0,15 a 0,4Hz, é um indicador da atividade parassimpática) em 35 indivíduos amputados.

Sendo a VFC um método para avaliar o funcionamento do controle autonômico cardíaco (VANDERLEI et al., 2009), e os LiVFC e LV1 sendo preditores do nível de condicionamento de indivíduos em diferentes populações (COTTIN et al., 2007), acredita-se que eles também sejam métodos válidos para estudar o comportamento cardíaco de amputados de membros inferiores.

1.1 A deficiência: conceitos e aspectos e conceitos epidemiológicos

A definição de deficiência está diretamente ligada a perda de alguma estrutura do corpo ou a anormalidade, podendo ocasionar prejuízos funcionais derivados de alterações psicológicas, anatômicas ou fisiológicas (artigo 3º do Decreto nº 3.298/1999). De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2011), a deficiência pode ser congênita ou adquirida durante a vida.

A deficiência congênita é aquela que existe no indivíduo ao nascer e, mais comumente, antes de nascer, isto é, durante a fase intrauterina (BRASIL, 2006). São decorrentes de diferentes causas: prematuridade, anóxia perinatal, desnutrição materna, rubéola, toxoplasmose, trauma de parto, exposição à radiação, uso de drogas, causas metabólicas e outras desconhecidas (MACEDO & MOSCA, 2008). Já a deficiência adquirida, é aquela que ocorre depois do nascimento, em virtude de infecções, traumatismos, intoxicações (BRASIL, 2006). As principais causas são: acidentes automobilísticos, doenças crônicas não transmissíveis e perfuração por arma de fogo (NOGUEIRA et al., 2016).

Estima-se que 23,9% da população brasileira possua algum tipo de deficiência, estas são divididas em: visual, auditiva, motora e intelectual (IBGE, 2010). No mundo, estima-se que esse número seja de 1 bilhão de pessoas, sendo que 200 milhões destas possuem dificuldades funcionais consideráveis ou algum tipo de incapacidade (OMS, 2011) caracterizados por necessidades consideradas atípicas e que demandem comportamento e abordagens específicas por parte das pessoas e

instituições, seja de carácter comportamental, social, ocupacional, físico, emocional ou familiar (FONSECA, 2007).

Dados mostram que dentre as pessoas com deficiência a partir dos 10 anos de idade, são analfabetas: 13,5% com deficiência visual, 21,2% com deficiência auditiva, 30,2% com deficiência física e 45,6% com deficiência mental (IBGE, 2010). A condição de exclusão social, e conseqüentemente do mundo do trabalho, traz um a perda anual para o PIB das sociedades em torno de 1,3 a 1,9 trilhões de dólares (OIT, 2007).

Esses dados reforçam que a sociedade está distante de alcançar as metas estabelecidas de se construir uma sociedade para todos (ONU, 2010). Vale ressaltar, que a visão de liberdade envolve processos que permitam a criação de ações e tomada decisões, dadas as circunstâncias pessoais e sociais que as pessoas têm (AMARTYA SEN, 2005).

1.2 Amputação: conceitos e aspectos epidemiológicos

As existências de provas sobre a amputação antecedem o nascimento de Cristo e podem ser comprovadas através de inúmeros registros expostos pelo mundo, são eles: esculturas, registros escritos, pinturas em cavernas e fósseis. Ao longo dos anos muitos avanços direcionados para as pessoas com amputação se deram na área médica e tecnológica, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, onde a tentativa era de reabilitação e ocupação dos soldados (FERRAZ, 2008). Essa reabilitação era realizada através de treinos de marcha, na tentativa de recuperar parte da mobilidade (WETTERHAHN, 2002).

A amputação é definida como a retirada total ou parcial de um ou mais membros, sendo encarada dentro de um contexto geral como um método de tratamento que visa a melhora da qualidade de vida do indivíduo enfermo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). São divididas em amputações de membros inferiores (figura1) e são subdivididas de acordo com o nível da amputação.



Figura 1- Níveis de amputações de membros inferiores

Fonte: Diretrizes de atenção a pessoa com amputação (SUS, 2013)

Uma pesquisa desenvolvida pelo Sistema Único de Saúde (SUS) através de acesso a banco de dados secundários, durante os anos de 2008 e 2015, mostra que no Brasil foram registrados 361.585 procedimentos de amputações de membros neste período. As regiões que predominaram foram o sudeste, nordeste e sul, responsáveis, juntos, por 88,13% do total dos casos (PEIXOTO et al., 2017). Segundo as Diretrizes de Atenção à Pessoa Amputada do Ministério da Saúde (2013), é estimado que 85% das amputações sejam de membros inferiores e a maioria é decorrente de doenças cardiovasculares periféricas e/ou diabetes *mellitus*, mais precisamente 80%. As outras causas mais comuns são: perfuração por arma de fogo (PAF), acidentes de trânsito, gangrenas neoplasias e doenças congênitas (SUS, 2011).

A constatação da alta prevalência de sedentarismo pós amputação motivou estudiosos como Tokin et al. (1985) e Coutts & Stogryn (1987) a tematizarem em seus estudos todos os processos envolvidos desde a amputação, a reabilitação e a pós reabilitação, que culminam na inatividade física, uma vez que está associada ao desenvolvimento de doenças como: diabetes mellitus, depressão e doenças cardiovasculares (IBGE, 2010). Em contrapartida, o cuidado com a saúde da pessoa amputada pode facilitar o desenvolvimento da sua autonomia e inclusão social (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

1.3 Variabilidade da frequência cardíaca

As pequenas mudanças detectadas na FC são definidas como VFC (descreve oscilações entre batimentos consecutivos, intervalos R-R), que responde às alterações do sistema simpático e parassimpático, sendo influenciados por estímulos fisiológicos e ambientais, são eles: respiração, exercício físico, sono, alterações hemodinâmicas, e resposta as desordens causadas por doenças (VANDERLEI et al., 2009).

Controlada pelo SNA, sabe-se que durante o repouso existe uma predominância da atividade parassimpática no controle autonômico cardíaco. Já no momento da transição repouso-exercício, a atividade parassimpática começa a diminuir e a simpática a aumentar, fazendo com que haja uma elevação da FC. Após o exercício (recuperação) existe uma reativação vagal e uma atenuação simpática com o objetivo de reduzir a FC (RICARDO et al., 2005).

Paschoa et al. (2006) mostraram que a redução da FC é mais rápida no primeiro minuto pós-exercício em indivíduos atletas do que em sedentários. Em contrapartida, pessoas em que a FC demora mais tempo para reduzir possuem um maior risco de morte e morbidade. Hedelin et al. (2000) e Tsuji et al. (1996) afirmam que quanto maior for a VFC, mais saudável é o indivíduo, e quanto menor a VFC existe um risco maior de morbidade e mortalidade cardiovascular.

A VFC fornece uma visão indireta do tônus do SNA (SORENSEN et al., 2018). Através da excitação cardíaca, gera-se um impulso pelo nódulo sinusal, formando as ondas P, complexo QRS e T. Os índices da VFC são obtidos através dos intervalos R-R e podem ser captados por diferentes instrumentos: eletrocardiógrafos, conversores analógicos digitais e cardiofrequencímetros (VANDERLEI et al., 2009).

As análises dos índices da VFC podem ser lineares e não lineares (VANDERLEI et al., 2009). Os índices lineares no domínio do tempo quantificam a VFC durante monitoramentos que podem variar de 2 minutos a 2 horas, os índices lineares no domínio da frequência calculam a quantidade relativa de energia do sinal dentro das bandas dos componentes e medições não-lineares quantificam a complexidade de uma série de intervalos entre os batimentos cardíacos (SHAFFER & GINSBERG, 2017).

Marães (2010) determina o método da análise no domínio do tempo como sendo o mais simples, ou seja, todo ponto no tempo ou os intervalos RR podem ser determinados para quantificar a VFC. De acordo com Vanderlei et al. (2009), os índices lineares no domínio do tempo (métodos estatísticos) são:

- SDNN - Desvio padrão de todos os intervalos RR normais registrados durante um intervalo de tempo, expresso em ms;
- SDANN - Representa o desvio padrão das médias dos intervalos RR normais, a cada 5 minutos, em um intervalo de tempo, expresso em ms;
- SDNNI - É a média do desvio padrão dos intervalos RR normais a cada 5 minutos, expresso em ms;
- RMSSD - É a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms;
- PNN50 - Mostra a porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração acima de 50 ms.

Vanderlei et al. (2009) ressaltam ainda que os índices SDNN, SDANN e SDNNI são obtidos através de registros de longa duração, representando a atividade simpática e parassimpática, porém não conseguem precisar se as alterações da VFC são decorrentes de uma maior atividade do tônus simpático ou da retirada vagal. Os índices RMSSD e PNN50 representam uma maior atividade parassimpática por serem determinados através dos intervalos RR adjacentes.

Segundo o *Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology* (1996), os índices lineares no domínio do tempo (métodos geométricos/ Plot Poincaré) são:

- SD1 – é a dispersão dos pontos perpendiculares a linha de identidade e representa um índice instantâneo da variabilidade batimento a batimento.
- SD2 – é a dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade, representando a VFC em gravações de longa duração.
- SD1/ SD2 – é a razão entre as variações longas e curtas dos intervalos RR.

Os métodos lineares no domínio da frequência têm sido amplamente utilizados quando tratamos de indivíduos em condição de repouso, são eles:

- High Frequency – HF – componente de alta frequência com variação de 0,15 a 0,4Hz, é um indicador da atividade parassimpática.

- Low Frequency – LF – componente de baixa frequência com variação entre 0,04 e 0,15Hz, decorre da atuação dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático.

- Very Low Frequency – VLF – componente de baixa frequência e ultrabaixa frequência (Ultra Low Frequency - ULF) - parecem estar relacionados ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, à termorregulação e ao tônus vasomotor periférico.

Através das interpretações análises dos índices lineares e não lineares da VFC podemos avaliar o SNA (VANDERLEI et al., 2009), e suas implicações para a saúde e desempenho (SHAFFER & GINSBERG., 2017). A VFC possui uma grande aplicabilidade prática por ser de baixo custo (NOVELLI et al., 2018) e é uma alternativa não invasiva para avaliação das respostas cardiovasculares em diferentes situações (MARÃES, 2010).

Na Tabela 1 encontram-se reunidos alguns exemplos de estudos utilizando a VFC em diferentes populações e na investigação de diferentes desfechos.

Tabela 1: Exemplos de estudos envolvendo a análise da variabilidade da frequência cardíaca em diferentes populações e desfechos.

Autor/ano	Idade (Anos)	IMC (Kg/m ²)	VO ₂ MAX (ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	Amostra (n)	Modalidade	VFC (ms)	Protocolo do TCPE	Método de análise	Conclusão	Estatística
LIMA & KISS, 1999	Méd=24,4	Méd=23,8	Méd= 55,6	Homens (n=16)	Bicicleta ergométrica	Índices lineares	Carga inicial de 0 Kpm.min com incremento de 90 Kpm.min a cada minuto até a exaustão do voluntário.	A primeira carga em que a média da VFC foi inferior a 3 ms	A curva da VFC pode ser usada para determinar o LiVFC na carga em que a média a cada 10s foi menor que 3 ms.	r=076 p<0,05
ALMEIDA et al, 2005	Homens Méd=49 mulheres Méd=50	Méd=26,4 Homens= 26,7 Mulheres=24, 9	Homens Méd=59,3 Mulheres Méd=56,2	Indivíduos (n=100), Homens (n=77) Mulheres(n=23)	Bicicleta ergométrica	Comport amento da VFC	Sem carga inicial, com aumento de 15w a cada min.	Monitoramento dos valores da VFC.	A VFC não chega a zero nos testes incrementais de esforço máximo. Porém, indivíduos com uma maior vagotonia tem a VFC maior no pico do esforço.	p=1,00
BRUNETT O et al, 2006	Mín=13 Máx=18.	Não- obesos=45,7 Obesos=39,0	Não - obesos=21,4 Obesos=29,5	Adolescentes obesos (n=10) Adolescentes não- obesos (n=19)	Esteira	SD1	Utilizou-se o protocolo de Bruce com incremento progressivo de carga de trabalho a cada 3 minutos.	Quando SD1 atingiu valor menor que 3 ms	Não encontrou relação entre o LV1 e o LiVFC.	p<0,005

Continuação da Tabela 1

COTTIN et al, 2007	Méd=25 mín=22 máx= 31	Méd=11 mín=9 máx=14	Não informado pelo autor.	Jogadores de futebol (n=12)	Pista de corrida	HF	A velocidade inicial foi de 8 Km/h com aumento de 0,5Km a cada 20 metros.	Comparação entre LV1 e LiVFC	É possível avaliar o LV1 através do LiVFC, através do índice HF	r=0,94, p<0,001
PASCHO AL; FONTANA, 2011	Mín=9 Máx=11	Não-obeso Méd= 16,8 Obesos Méd= 23,4	Não obesos=27,4 Obesos=13 Obesos mórbidos=11	Pré-adolescentes obesos, não obesos e obesos mórbidos (n=30)	Esteira	SD1	A velocidade inicial foi de 2Km/h com aumento de 0,5Km por minuto.	O primeiro valor onde SD1 foi menor que 3 ms.	O LiVFC se mostrou eficiente para a avaliação da capacidade Cardiorrespiratória.	p<0,005
CARUSO et al, 2012	Méd=69,5	Méd=24	Não informado pelo autor.	Indivíduos com DPOC (n=8)	Cicloergômetro	RMSSD	A potência inicial foi de 4w com incrementos de 5w por minuto até o paciente atingir o limiar anaeróbico.	Acompanhando o comportamento dos valores de Rmssd	A VFC dos DPOC apresentou-se reduzida durante o esforço.	p<0,05
DOURADO;GUERRA, 2013	Méd=57	Méd=28	VO ₂ =1845	Indivíduos saudáveis Mulheres (n=17) e homens (n=14)	Caminhada	SD1	Andar por um corredor plano de 10m a velocidades progressivas estimuladas por sinais até a exaustão.	O LiVFC foi determinado quando a diferença foi menor que 1 ms entre dois batimentos consecutivos.	O estudo demonstra que o método da VFC através do índice SD1 é válido e confiável para adultos e idosos.	r=0,84

Continuação da Tabela 1

CUNHA et al, 2014	Mín= 17 Máx= 28 Méd=21	Méd=25,1	Bicicleta Méd=37,7, Corrida Méd=43,8, caminhada Méd= 43,3	Estudantes universitários (homens) n=16	Bicicleta, corrida e caminhada	SD1	Os incrementos de taxa de trabalho foram individualizados de 8 a 12 minutos.	Quando SD1 foi menor que 3 ms	A comparação entre LV1 e LiVFC parece ser um método preciso durante TCPE.	r=variando de 0,85-0,87 e 0,69-0,82 nas 3 modalidades
VASCON CELLOS et al, 2015	Mín= 12 Máx= 17	Eutrópicos=22,8 Obesos= 43	Obesos=23.6 e eutrópicos=34	Adolescentes obesos(n=25) eutrópicos(n=10)	Bicicleta ergométrica	RMSSD	Início com P=25w e a cada minuto houve aumento de 10w.	Ponto de deflecção do índice Rmssd	LV1 e do LiVFC tem valores similares para adolescentes obesos e eutrópicos	Eutrópicos p=0,001; obesos p<0,001
RAMOS-CAMPO et al, 2016	Méd=23,4	Méd=24,2	Méd=51,6	Jogadores de basquete (n=24)	Esteira	HF	Velocidade inicial foi de 7 Km/h e aumentada de 1Km a cada min.	Comparação entre VO ₂ , FC e velocidade de corrida	Foi encontrada uma forte correlação entre LV1 e LiVFC.	r=0,96
MANKOW OSKI et al, 2016	Méd=23,6	Méd=22	Hipóxia= 46,8 Normoxia= 54,6 Hyperoxia = 54,2	Indivíduos saudáveis moderadamente treinados (n=11)	Bicicleta ergométrica	RMSSD	2 min em repouso seguindo 4 min de ciclagem para aquecimento. A carga de trabalho aumentou com uma inclinação de 1,8W/ 6 s para homens e 1,2W/ 6 s para mulheres. Com velocidade entre 60-80 rpm.	O segundo LiVFC foi determinado através de inspeção visual e se deu quando o índice RMSSD teve um aumento anormal após ter atingido um valor mínimo.	Que os valores do LV2 e LiVFC2 são reprodutíveis em condições normóxicas.	p<0,05

Continuação da Tabela 1

RODRIGU ES et al, 2017	Sem síndrome Méd=41,2, com síndrome Méd=42,8	Indivíduos com síndrome metabólica (33,1) Sem síndrome (30,8)	Indivíduos com síndrome metabólica (28,1) Sem síndrome (26,8)	N total=119 Indivíduos com síndrome metabólica (n=51) Sem síndrome metabólica (n=68)	Esteira	HF LF	Protocolo não informado	Análise espectral das bandas HF, LF e a razão entre elas para determinar o LivFC	A presença de síndrome metabólica não é suficiente para alterar os valores da VFC durante o repouso, esforço e recuperação.	p<0,05
GRANNEL L; VITO, 2017	Méd=26,5	Não foi citada pelo autor.	Méd= 48,7	Indivíduos treinados (n=10)	Cicloergôme tro	SD1 HF	A carga inicial do teste foi de 50w com incrementos de 20w a cada um minuto, as rotações no valor de 80rpm. Os voluntários realizaram o teste até a exaustão.	Determinado pelo ponto de estabilização do HF.	O estudo não encontrou uma correlação entre o LV1 e a estabilização do índice SD1. Já com a estabilização do índice HF foi encontrada uma forte correlação.	SD1 r=0,18- r=0,86 p<0,005 HF r=0,47- r=0,87 p=0,12- p=0,009
SHIRAISH I et al, 2018	Indivíduos saudáveis=29, 1	Méd=21,3	Méd=41,7	Indivíduos saudáveis (n=30) Indivíduos com infarto (n=35)	Esteira	HF LF	Foi utilizado o protocolo de rampa com observação simultânea dos espectros de energia da VFC em outro computador.	O LivFC ocorreu quando houve a conversão de HF para LF	A análise da VFC permite a visualização em tempo real nos espectros de potência.	r=0,86 p>0,5

 Continuação da Tabela 1

NOVELLI et al., 2018	Mulheres (Méd=24 anos) e homens (Méd=24 anos)	Mulheres (Méd=21,5) e homens (Méd=24,5)	Homens (n=51) e mulheres (n=17), ambos destreinados	Bicicleta ergométrica	SD1 e RMSSD	O teste começou com uma carga de trabalho de 15w e houve um incremento de 15w a cada minuto, mantendo rotação de 60 rpm até exaustão voluntária.	SD1 < 3 ms e RMSSD na primeira intensidade < 1 ms entre 2 valores consecutivos.	Independente dos métodos de determinação do LiVFC e dos índices utilizados, o estudo mostrou uma boa reprodutibilidade.	p<0,005
----------------------------	--	--	---	--------------------------	----------------	--	---	---	---------

Méd= média; Mín=mínimo; TCPE=teste cardiopulmonar de esforço; rpm= rotações por minuto; min=minuto; s=segundos; w=watts

1.4 Aptidão cardiorrespiratória em esforço

Durante os exercícios dinâmicos, os músculos envolvidos necessitam do oxigênio (O_2) que é bombeado pelo coração através das artérias para o seu funcionamento. A responsabilidade da captação do O_2 é dos pulmões, onde o consumo máximo desse oxigênio é chamado de VO_2 máx., sendo V o consumo (volume) a cada minuto. O VO_2 máx. é o indicador mais utilizado para avaliação da aptidão cardiorrespiratória em esforço (SILVA & TORRES, 2002).

Avaliar a aptidão cardiorrespiratória em esforço através do VO_2 máx. permite também prever comprometimentos na produção energética através das vias aeróbia/ anaeróbia em indivíduos saudáveis ou não. Então, a relação correta durante o esforço é: quanto maior a carga, maior o consumo de O_2 . Logo, o indivíduo no limite do esforço, estará em sua carga máxima e conseqüentemente em seu VO_2 máx. (SILVA & TORRES, 2002).

O VO_2 máx. é caracterizado durante o esforço limítrofe pelo platô observado na curva de consumo de O_2 , mesmo havendo incremento de cargas. Quando esse platô, de fato não for observado, o maior valor detectado durante o esforço máximo incremental, será determinado VO_2 pico. É comumente descrito nas literaturas que valores de VO_2 máx. ou VO_2 pico abaixo de 85% do predito possuem relação direta com inúmeras doenças e refletem déficit no condicionamento físico (HERDY et al., 2016).

Porém, antes do alcance do VO_2 máx. ou do VO_2 pico dependendo do caso, existe uma medida importante que também serve para avaliação da aptidão cardiorrespiratória que é o VO_2 registrado no momento do limiar ventilatório 1 ou LV1. O LV1, nada mais é do que o ponto onde ocorre o primeiro sinal de estresse metabólico, produção de lactato. Tal fato, acarreta num aumento da ventilação pulmonar que não é acompanhado pelo consumo de O_2 , impactando na linearidade da curva VE/VO_2 (HERDY et al., 2016).

Todos os indicadores supracitados que auxiliam na investigação de possíveis doenças cardiovasculares ou prescrição de exercício podem ser obtidos através do teste cardiopulmonar de esforço (TCPE), que tem os dados captados e interpretados

através de equipamentos eletrocardiográficos e analisadores metabólicos de gases. É importante salientar que cada detalhe é importante no TCPE, da preparação do ambiente a análise dos dados coletados (YAZBEK et al., 1998).

Possuindo o TCPE como facilitador da avaliação cardiorrespiratória, é talvez através dele, e da prática regular de exercícios que se conseguirá reduzir a estatística alarmante de que 1/3 da população morre por doença cardiovascular. Em resumo, quanto melhor for aptidão cardiorrespiratória, ou seja, valores maiores de VO_2 máx. ou VO_2 pico, existe uma grande possibilidade de associação a sobrevida e a menores chances de se desenvolver doenças cardíacas e/ou vasculares (AL-MALLAH et al., 2018).

1.5 Primeiro limiar ventilatório

Wasserman et al. (1964) descreveram o limiar anaeróbico (LA) como o momento do exercício em que há um aumento da produção e o início do acúmulo de lactato sanguíneo (acidose; ou seja, a velocidade da sua produção não é acompanhada pela velocidade da sua remoção ou tamponamento, levando a necessidade de ajustes metabólicos e ventilatórios compensatórios. O LA (ou limiar de lactato) é frequentemente utilizado como sinônimo do termo “primeiro limiar ventilatório” (LV1) em função da estreita relação entre as mudanças metabólicas causadas pela necessidade de tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato, que resulta, entre outros, na produção de gás carbônico (CO_2) e mudanças ventilatórias para a eliminação deste CO_2 para o ar ambiente (SILVA & TORRES, 2002).

Além do LV1, outro ponto importante que marca a transição de predominância de metabolismo no processo de produção de energia é o “segundo limiar ventilatório” (LV2), também conhecido como “ponto de compensação ventilatória”, que corresponde a intensidade do exercício em que o lactato se mantém em um máximo estado estável no sangue (HECK et al., 1985). Para tentar compensar a acidose metabólica causada por uma “falha” dos mecanismos de tamponamento do ácido láctico, novos ajustes ventilatórios ocorrem no organismo, que incluem um aumento ainda mais expressivo da ventilação pulmonar estimulada pela acidose, porém sem que haja um aumento proporcional da produção de CO_2 (SILVA & TORRES, 2002).

O LV1 pode ser determinado por três diferentes métodos de análise de gases: método dos equivalentes ventilatórios; método do excesso de dióxido de carbono e

método do V-slope modificado (RAMOS-CAMPO et al., 2018). O LV1 está associado a um aumento não linear da ventilação ou da produção de CO₂ em relação ao O₂, e na plotagem do aumento não linear de produção do CO₂ com o consumo de O₂ (V-slope) (PLATO et al., 2008).

Sales et al. (2019) após realizarem uma revisão bibliográfica sobre os métodos de identificação do LV1 (aferição de lactato sanguíneo durante o teste incremental de esforço e através do equivalente ventilatório), sugerem que todos os métodos parecem identificar o mesmo ponto (ou bem próximo), ou seja, apresentam uma boa concordância.

Cottin et al. (2007) mostraram através de um teste de esforço incremental com 12 jogadores de futebol, que existe uma forte correlação entre LV1 e LiVFC ($P < 0,001$), resultado derivado de uma análise de regressão linear. O método do equivalente ventilatório foi utilizado para encontrar o LV1 e o LiVFC foi determinado através dos índices do domínio da frequência.

Um estudo com adolescentes obesos comparou o LiVFC com o LV1, e encontrou uma boa correlação estatística entre os dados. Reforçando assim a hipótese que o LiVFC é uma boa alternativa para se determinar o LV1. Sendo o LV1, um indicador de capacidade aeróbica e um parâmetro fisiológico utilizado para a prescrição de exercício e estratificação de risco, acredita-se que o LiVFC também possa ser utilizado com o mesmo objetivo (PASCHOAL & FONTANA, 2011).

O Quadro 1 mostra de forma detalhada o momento de ocorrência do LV1, o mesmo pode ser dividido em quatro etapas: 1 – o estresse metabólico gerado pelo exercício físico, 2 – a produção de lactato como resposta fisiológica ao exercício físico, 3 – o tamponamento realizado pelo bicarbonato com o objetivo de reduzir a acidose e 4 – o aumento na produção de CO₂ e conseqüentemente um aumento da ventilação pulmonar (WASSERMAN et al., 2002).

Quadro 1: Descrição do momento de ocorrência do LV1 dividido em quatro etapas.

O momento do exercício do LV1 dividido em quatro etapas			
Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
Estresse Metabólico gerado pelo exercício físico	Produção de lactato como resposta fisiológica ao exercício físico	Tamponamento pelo bicarbonato visando a redução do ácido láctico	Aumento na produção de CO ₂ e consequente, da ventilação pulmonar (VE)

1.6 Limiar da variabilidade da frequência cardíaca

A variabilidade de frequência cardíaca é descrita como a oscilação consecutiva entre intervalos RR e é um importante parâmetro para avaliação do sistema nervoso autônomo que é dividido em dois ramos, simpático e parassimpático. No repouso, a atividade parassimpática predomina sobre a atividade simpática, no entanto, durante o exercício físico incremental, quando o esforço ultrapassa 50-60% o consumo máximo de O₂, a FC é aumentada pelo sistema simpático e pela retirada parassimpática, o que chamamos de LiVFC (NOVELLI et al., 2018).

Segundo Lima (1999) e Bruneto et al. (2005), um dos métodos mais utilizados para identificar o LV1 é através da determinação do LiVFC. Esses dados são obtidos durante a realização de testes cardiopulmonar de esforço (TCPE), pois, verificou-se uma grande correlação entre esses valores. Cunha et al. (2014) realizaram testes em diferentes modalidades esportivas (ciclismo, caminhada e corrida) e relataram a existência de um decréscimo progressivo da participação parassimpática até estar próximo da sua retirada, o que equivale a 50 a 60% do VO₂ pico (ou seja, com limites de esforço de intensidades moderadas a vigorosas) estando diretamente relacionado ao evento do LV1. Esse ponto do esforço físico equivale a retirada da atividade vagal e a literatura denomina como LiVFC.

Ramos-Campo et al. (2018) concluíram através de análises em jogadores profissionais de basquete que o método da VFC através do índice SD1 é capaz de

identificar a intensidade do exercício em que ocorre a transição para uma maior atividade simpática através do LiVFC, havendo uma relação com equivalentes percentuais ao VO₂ pico (50 a 60%). Dessa forma, pode servir como base não invasiva para o ajuste de diferentes intensidades de treinamento.

A determinação do LiVFC pode ser observada através do comportamento do índice SD1, quando seu valor se iguala ou torna-se menor do que 3 ms. Assim, determina-se que este é o ponto do LiVFC, e que corresponde ao LV1 (FRONCHETTI et al., 2006; LIMA et al., 1999).

Novelli et al. (2018) identificaram em análises com adultos e idosos não treinados que os valores de SD1 e RMSSD representados nos índices da VFC durante testes de caminhada podem ser igualmente utilizados para a determinação do LiVFC. E parecem ser reprodutíveis independentes dos critérios de determinação da VFC, da população avaliada e do protocolo de teste utilizado.

Vasconcellos et al. (2015) utilizaram o índice RMSSD durante testes de esforço máximo (corrida em esteira) com 30 adolescentes obesos na identificação do LiVFC. Para tal, o LiVFC foi determinado através do comportamento do índice RMSSD durante janelas de 60s, sendo definido pelo ponto em que a VFC teve uma deflexão no valor do RMSSD, influenciando diretamente o sistema parassimpático.

Brunetto et al. (2005) identificaram boa correlação ($r=0,76$) entre o LV1 obtido durante o TCPE e o LiVFC em adolescentes obesos e não obesos. E reforçaram que a determinação LiVFC pode ser um método confiável para estimar o LV1. Assim o LiVFC pode ser uma forma não invasiva, de fácil obtenção e acesso, auxiliando na prescrição de exercício físico e podendo ser um indicador de capacidade aeróbica.

Paschoal & Fontana (2011) ressaltam através de um estudo realizado com a mesma população que Brunetto et al. (2005) (adolescentes obesos e não obesos) a necessidade de maiores investigações sobre a aplicabilidade do LiVFC como detecção do LV1 e sugerem a realização de mais comparações com os modelos já utilizados.

1.7 Controle autonômico cardíaco na amputação

Uma revisão sistemática com estudos realizados em hospitais brasileiros durante os anos 2013 e 2014, analisou as principais causas da amputação (n=342

amputados) e constatou uma relação direta com problemas cardíacos (LEITE et al., 2017). Através de um estudo longitudinal realizado nos EUA com 162 pessoas, Mundell et al. (2018) afirmam que existe um risco de doença cardíaca para indivíduos com amputações nos membros inferiores.

Resistência à insulina, estresse psicológico e desvios comportamentais (tabagismo, sedentarismo e consumo excessivo de álcool) são prevalentes em amputados de MI. Cada um desses fatores podem ter consequências negativas no funcionamento do sistema cardiovascular e contribuir para o aumento da morbidade, dados de uma revisão sistemática realizada nos bancos do *MEDLINE* (NASCHITZ & LENGGER., 2008).

Um estudo longitudinal com soldados israelenses amputados constatou hiperinsulemia, aumento da coagulabilidade e aumento das respostas simpáticas e parassimpáticas. Esses fatores de risco estabelecidos para doenças cardiovasculares podem explicar o alto índice de morbimortalidade em amputados traumáticos (MODAN et al., 1998).

Peles et al. (1995) realizaram um estudo para examinar a resposta da insulina plasmática à carga de glicose oral e sua relação com a atividade do SNA em amputados de MI do sexo masculino. Durante a ingestão de glicose houve um aumento na banda de LF (banda de baixa frequência que representa o comportamento do sistema simpático) quando comparados com os controles, os níveis de norepinefrina (adrenalina) também aumentaram.

Os amputados parecem ter uma responsividade simpática (banda LF) acentuada durante a ingestão de glicose. Como as catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) antagonizam o efeito da insulina, uma possível explicação para a resistência à insulina em amputados é uma ativação simpática induzida pela hiperglicemia (PELES et al., 1995).

As amputações de MI influenciam diretamente na mobilidade do indivíduo. No período de reabilitação (pós-amputação) existe um maior gasto energético durante a marcha (com ou sem prótese), o que acaba gerando um maior estresse ao coração (KAPTEIN et al., 2017) e conseqüentemente uma maior ativação simpática (RICARDO et al., 2005).

Um teste de caminhada realizado com amputados (amputação decorrente de doenças cardiovasculares) mostrou que esses indivíduos foram considerados menos ativos quando comparadas com pessoas sem amputação. Porém não houve diferença

nas respostas da FC entre os grupos, que provavelmente foi regulada pelos efeitos fisiológicos de adaptação a caminhada (BUSSMAN et al., 2008).

Uma possível relação entre o SNA e a dor fantasma (dor no local do membro amputado) também pode influenciar no funcionamento do controle autonômico cardíaco. Os valores lineares diminuídos podem ser classificados como risco cardiovascular. Cachadiña et al. (2013) encontraram uma queda desses valores (SD1 e RMSSD) em 35 indivíduos amputados com ou sem dor fantasma.

A Tabela 2 apresenta estudos sobre controle autonômico cardíaco em indivíduos amputação em ordem cronológica de publicação.

Tabela 2 - Estudos sobre controle autonômico cardíaco na amputação.

Autor/ Ano	Amostra (n)	Método de estudo/Avaliação	Conclusão
BUSSMANN et al., 2008.	Amputados de membros inferiores (n=9)	Teste de caminhada	Indivíduos amputados são menos ativos quando comparados com pessoas sem amputação, porém não existe diferença na FC entre os grupos.
KAPTEIN et al., 2017.	Bases de dados de estudos publicados sobre doenças cardiovasculares e mobilidade. (n=4)	Revisão sistemática	No período de reabilitação (pós-amputação) existe um maior gasto energético durante a marcha (com ou sem prótese), o que acaba gerando um maior estresse ao coração
LEITE et al., 2017.	Estudo retrospectivo com 342 amputados entre os anos 2013-2014	Estudo observacional	As principais causas da amputação nos hospitais brasileiros e sua relação direta com problemas cardíacos
MODAN et al., 1998.	Soldados israelenses amputados	Estudo observacional	Hiperinsulemia, aumento da coagulabilidade e aumento das respostas simpáticas e parassimpáticas. Esses fatores de risco estabelecidos para doenças cardiovasculares podem explicar o alto índice de mortalidade em amputados traumáticos.
NASCHITZ & LENGGER., 2008.	Banco de dados do MEDLINE	Revisão sistemática	Resistência à insulina, estresse psicológico e desvios comportamentais (tabagismo, sedentarismo e consumo excessivo de álcool) são prevalentes em amputados de MI. Cada um desses fatores podem ter consequências negativas no funcionamento do sistema cardiovascular
PELES et al., 1995.	53 amputados (idade entre 55-60 anos) comparados com 53 não amputados	Administração oral de glicose em posição ortostática	Os amputados parecem ter uma responsividade simpática acentuada durante a ingestão de glicose.

1.8 Justificativa

O consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx.) é a variável que melhor descreve a aptidão cardiorrespiratória em esforço. Sabe-se, que durante a prática de exercício, o coração bombeia através das artérias oxigênio (O_2) para suprir a demanda energética dos músculos. O consumo máximo desse O_2 captado pelos pulmões é chamado de VO_2 máximo, ou seja, volume máximo consumido de O_2 a cada minuto (SILVA & TORRES, 2002).

A avaliação da aptidão cardiorrespiratória em esforço nos permite investigar se existem possíveis comprometimentos, em indivíduos saudáveis ou não, em suas produções energéticas através das vias aeróbia/ anaeróbia. Através do teste cardiopulmonar de esforço máximo (TCPE) podemos observar que quanto maior a carga, maior o consumo de O_2 . Então, a relação final será com o indivíduo no limite do esforço, na sua carga máxima e conseqüentemente em seu VO_2 máximo (SILVA & TORRES, 2002).

A investigação da capacidade cardiorrespiratória de indivíduos com amputação é relevante na área da reabilitação, pois pode-se traçar estratégias, incluindo exercícios físicos, para melhorar a relação (proporcionalmente) entre o consumo de O_2 para a produção de energia em atividades do dia a dia e o VO_2 máximo, além do próprio VO_2 máximo. Sendo assim, amputados alcançariam um percentual menor da sua capacidade máxima de captação de oxigênio durante exercícios submáximos, indicando uma maior eficiência.

A utilização da análise da VFC como meio para a investigação do balanço simpato-vagal em repouso, durante diferentes fases do exercício físico e pós-esforço tem sido amplamente descrita em diferentes populações, incluindo indivíduos saudáveis (VANDERLEI et al., 2009), com diabetes (LOCKETTE & KEYES, 1994), obesos e adolescentes (BRUNETTO et al., 2008), sendo, portanto, um método válido para este fim. Em paralelo, os estudos também têm demonstrado que existe uma estreita relação entre o LiVFC e a ocorrência do primeiro LV (FORTE et al., 2018), momento este que marca o início da transição do predomínio metabólico no processo de produção de energia. O LV1 é uma das variáveis utilizadas para descrever a aptidão cardiorrespiratória de grupos populacionais e, por isso, é frequentemente utilizado como parâmetro para a

prescrição do exercício (COTTIN et al., 2007). A sua obtenção, contudo, depende da realização de um teste de esforço máximo com a análise direta dos gases ventilatórios, que em geral não é de fácil acesso para toda a população e apresenta maior custo financeiro comparativamente aos testes indiretos (COTTIN et al., 2007). A existência de uma estreita relação entre o LiVFC e o LV1 permite que um método alternativo de menor custo financeiro e de mais fácil acesso (as informações podem ser obtidas por meio do uso de um cardiofrequencímetro) seja utilizado para a prescrição mais apurada do treinamento, considerando as características e demandas individuais.

1.8.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação

As informações relacionadas à aplicabilidade da VFC bem como a sua validade na população de pessoas com amputações são menos conhecidas (CASHADIÑA et al., 2013). Considerando que amputados constituem uma população mais suscetível ao sedentarismo por perda de elemento (s) básico (s) para o equilíbrio e deambulação (WETTERHAHN, 2002), é extremamente importante que a prática de exercícios seja estimulada e proporcionada a este grupo. Tal prática deve ser planejada, estruturada e fundamentada nas características individuais para que os resultados sejam potencializados e todos os possíveis avanços sejam obtidos.

Assim, identificar se as associações comumente descritas entre o LiVFC e o LV1 também se reproduzem na população de amputados trarão importantes contribuições no âmbito das ciências da reabilitação. Caso os resultados sejam positivos, ou seja, de associação entre as variáveis, a utilização do LiVFC como parâmetro de prescrição do treinamento físico poderá ser um recurso introduzido nos centros e clínicas de reabilitação. Em outra perspectiva, esta ferramenta também poderá ser difundida nos centros de treinamento de atletas com amputações.

1.8.2 Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde

Considerando que a agenda de prioridades do Ministério da Saúde destaca o favorecimento de grupos marginalizados e vulneráveis, o presente estudo é relevante pois é voltado para pessoas com deficiência. Infelizmente, no século XXI mesmo com todo o avanço tecnológico, científico, médico e nas mais diversas áreas de desenvolvimento, as pessoas com deficiência ainda representam um grupo suscetível à discriminação, preconceito, exclusão e menor participação na sociedade.

Esses fatores impactam diretamente na vida das pessoas com deficiência. O avanço tecnológico por muitas vezes não os prioriza, são poucos os estudos científicos quando comparamos com o número de estudos para as pessoas sem deficiência e conseqüentemente os avanços na área médica são menores.

Essas falhas no cuidado com a pessoa com deficiência somadas ao atraso do meio ambiente (acessibilidade), aumentam as adversidades para essa parcela da sociedade, dificultando o desenvolvimento desse grupo e a realização das suas atividades diárias.

Sendo a prática de exercícios físicos essencial para a manutenção de hábitos saudáveis pelo ser humano, são necessários avanços nos aspectos citados para que as pessoas com deficiência pratiquem atividade física de forma igualitária. Com acessibilidade, profissionais capacitados, equipamentos específicos e todos os cuidados necessários.

1.8.3 Relevância para o Desenvolvimento Sustentável

Um dos objetivos da agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas é promover saúde e bem-estar (objetivo 3). Dentro desse contexto, nosso estudo visa municiar profissionais da área da saúde com estratégias de treinamento durante a prática de exercício físico pela pessoa com deficiência.

Conhecer sobre a aptidão cardiorrespiratória e controle autonômico cardíaco do amputado de membros inferiores é essencial para o planejamento e

execução de um programa de treinamento de forma adequada, impactando positivamente na saúde e no bem-estar desses indivíduos.

Por isso, nosso estudo focou em avaliar a aptidão cardiorrespiratória desses indivíduos através do VO₂ máx. (padrão ouro para avaliação da aptidão respiratória) e o controle autonômico cardíaco através da VFC (método de fácil utilização pelo acesso ao equipamento), possibilitando ferramentas científicas para a prescrição de exercícios para os amputados de membros inferiores.

Ao possibilitar um treinamento físico adequado através do VO₂ máx. e da FC, podemos obter melhores resultados nos treinamentos anaeróbio e aeróbio. Já através do controle autonômico cardíaco, podemos além da prescrição de treinamento (bem-estar e desempenho esportivo), investigar possíveis disfunções autonômicas (saúde) do amputado de membros inferiores.

1.9 Objetivos

1.9.1 Primário/Geral

Investigar a capacidade cardiorrespiratória em esforço e o controle autonômico cardíaco em indivíduos com amputação unilateral de membro inferior.

1.9.2 Secundários/Específicos

Em indivíduos com amputação unilateral de membro inferior e indivíduos sem amputação pretende-se:

- Descrever a aptidão cardiorrespiratória em diferentes intensidades de esforço, isto é, submáxima e máxima/ pico.
- Identificar em qual percentual do VO₂ máximo/ pico ocorre o ponto ótimo cardiorrespiratório (POC), assim como o valor relativo do VO₂ no momento de ocorrência deste ponto.
- Identificar em qual percentual do VO₂ máximo/ pico ocorre o LV1, assim como o valor relativo do VO₂ no momento de ocorrência deste ponto.
- Investigar se existe relação entre o VO₂máximo/ pico, o LV1 e o POC.

Em indivíduos com amputação unilateral de membro inferior pretende-se:

- Identificar se os três métodos tradicionalmente utilizados para identificação do LiVFC, isto é, $SD1 \leq 1 \text{ ms}$, $SD1 \leq 3 \text{ ms}$ e $RMSSD \leq 1 \text{ ms}$ apresentam concordância entre si.
- Investigar se a carga (potência, em *watts*) na qual se detecta o LiVFC apresenta concordância com a carga na qual se detecta o LV1.

1.10 Hipóteses

As hipóteses do estudo são: (i) os indivíduos com amputação unilateral de membro inferior apresentam menor aptidão cardiorrespiratória quando comparados com indivíduos sem amputação; (ii) supõe-se que o POC de indivíduos amputados seja maior que o de não-amputados, indicando uma pior aptidão cardiorrespiratória; (iii) supõe-se que o LV1 ocorra em percentuais mais baixos do VO_2 máximo/pico em relação aos valores descritos na literatura em pessoas sem amputação (50-60%), também indicando uma pior aptidão cardiorrespiratória; (iv) as cargas (potência, em *w*) no momento de ocorrência do LV1 e do LiVFC apresentam concordância aceitável, independente do método de identificação do LiVFC.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Aspectos éticos

Este protocolo de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa institucional antes da execução do estudo, em consonância com a resolução 466/2012 (CAAE: 17691113.1.0000.5235) (Apêndice 1). Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE; Apêndice 2) após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado.

2.2 Delineamento do estudo

Foi realizado um estudo observacional do tipo seccional, com coleta prospectiva de dados.

2.2.1 Local de realização do estudo

Laboratório de Avaliação do Desempenho dos Sistemas Cardiovascular e Respiratório do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta (PPGCR- UNISUAM).

2.3 Amostra

Indivíduos com deficiência física (amputação unilateral de membro inferior).

2.3.1 Local de recrutamento do estudo

Os participantes do estudo foram recrutados no Instituto Superar, instituição no qual o Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta (PPGCR- UNISUAM) possui parceria técnico-científica.

2.3.2 Critérios de inclusão

- Homens;
- Idade maior ou igual a 18 anos;
- Amputação transtibial ou transfemural de um membro.

2.3.3 Critérios de exclusão

- Presença de dor ou limitação musculoesquelética que impedisse a realização das avaliações propostas.

2.4 Procedimentos/Metodologia proposta

2.4.1 Avaliação clínica

Para a obtenção das informações relativas às variáveis demográficas, tipo de deficiência e prática esportiva, foi aplicado (auto-preenchimento) um questionário (Anexo 1), anteriormente utilizado em outros estudos da linha de pesquisa “Reabilitação no Esporte e no Esporte Adaptado” (FREITAS, 2015).

As variáveis demográficas abordadas foram: idade, sexo, nível de instrução, nacionalidade.

As variáveis relativas à deficiência abordadas foram: data, tipo e causa da deficiência.

Por fim, a prática de esportes foi investigada por meio de questões que abordavam os seguintes blocos: (i) prática de atividade física/ esportes antes da

amputação; (ii) prática atual de atividade física/ esportes; (iii) frequência (dias/semana) e duração dos treinamentos (minutos).

2.4.2 Capacidade cardiorrespiratória em esforço

A capacidade cardiorrespiratória em esforço foi investigada por meio da realização de um teste cardiopulmonar de esforço (TCPE) com característica máxima, em um cicloergômetro para membros superiores (*TopExcite; TechnoGym; Italy*), no Laboratório de Avaliação de Desempenho dos Sistemas Cardiovascular e Respiratório do PPGCR-UNISUAM.

Procedimentos pré-teste: os participantes do estudo receberam orientações prévias à realização do TCPE, que incluíram: não consumir cafeína e álcool nas três horas antecedentes ao teste, bem como não fumar e não consumir alimentos de difícil digestão neste mesmo período de tempo; não realizar atividades extenuantes; dormir adequadamente (6 a 8 horas) durante a noite anterior ao teste; usar roupas confortáveis e largas (ACSM, 2014).

No dia do teste: antes do início do TCPE os participantes do estudo tiveram a pressão arterial aferida por tensiômetro de mercúrio (*UNITEC; Jabaquara; São Paulo; Brasil*) e receberam todas as instruções relativas aos procedimentos que seriam realizados. Além disso, também tiveram a massa corporal total (MCT; kg) medida com o uso de uma balança eletromecânica do tipo plataforma (*MICHELETTI; São Paulo; Brasil; 0,1 kg*) e a estatura (cm) com o uso de um paquímetro de haste longa (*Cardiomed; Paraná; Brasil; 0,1 cm*). Para tal, os indivíduos se posicionaram deitados em uma maca, em decúbito dorsal, e foram feitas medidas de segmentos corporais que foram somadas para a obtenção da estatura final.

Posteriormente, houve uma assepsia da pele nos locais de colocação dos eletrodos e foi realizada uma tricotomia para retirada da camada córnea da pele. Para a aquisição dos registros eletrocardiográficos, utilizou-se um eletrocardiograma com 12 canais (13 derivações; D1; D2; D3; aVR; aVL; V1; V2; V3; V4; V5; V6; CM5), conforme ilustrado na Figura 2, e eletrodos de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) (3M; *Minnesota; EUA*). Os registros

eletrocardiográficos foram armazenados em tempo real durante 10 minutos antes e durante todo o TCPE (ERGOMET; Belo Horizonte; Minas Gerais; Brasil).

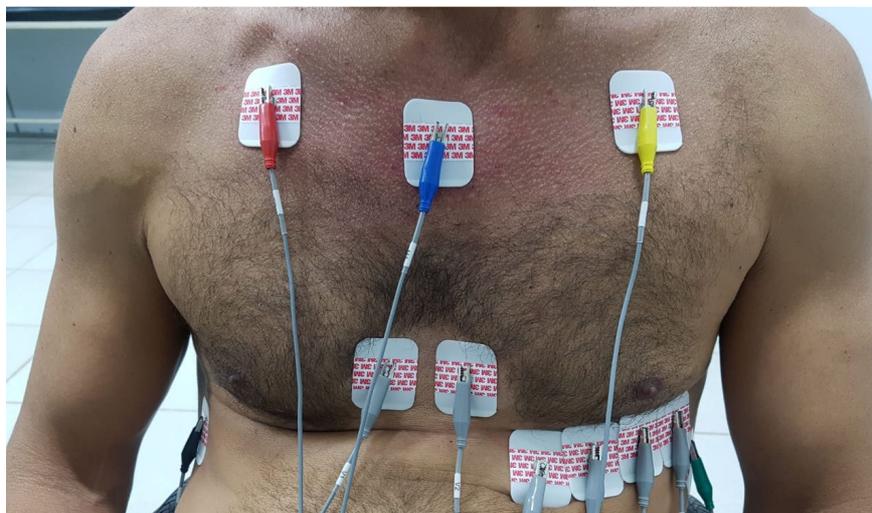


Figura 2 – Protocolo de colocação do eletrocardiograma de 12 canais

Os registros eletrocardiográficos foram armazenados em tempo real durante 10 minutos antes e durante todo o TCPE (ERGOMET; Belo Horizonte; Minas Gerais; Brasil). Os sinais foram registrados numa frequência de 1.000 Hz com o objetivo de diminuir as interferências de correntes elétricas alternadas (BRUNETTO et al., 2006; CUNHA et al., 2014).

Para o TCPE máximo, utilizou-se um protocolo incremental com a seguinte característica: carga inicial de 20w, com sucessivos incrementos de 5w a cada minuto, mantendo uma velocidade de ciclagem entre 50 e 60 rotações por minuto. Este protocolo é uma adaptação do protocolo publicado no trabalho de (SILVA & TORRES, 2002), em que atletas Paralímpicos de diferentes modalidades esportivas foram avaliados quanto à capacidade cardiorrespiratória em esforço.

A análise dos gases foi feita por um analisador metabólico de gases (VO2000; IMBRAMED; Brasil) com um pneumotacógrafo de fluxo médio conectado a uma máscara de neoprene, com os capilares sendo os responsáveis por conduzir o ar expirado até o analisador metabólico de gases. A ventilação pulmonar e as frações expiradas de O₂ e CO₂ foram medidas respiração a respiração (*breath by breath*) e armazenadas e plotadas como a média de 30 segundos pelo *software* ERGOMET (Micromed; Brasil).

As seguintes variáveis cardiorrespiratórias foram consideradas no estudo: consumo de oxigênio de pico (VO_2 pico; maior observado na curva de VO_2 no último minuto do teste) relativo ($\text{ml/kg}\cdot\text{min}^{-1}$) e absoluto (L/min), ponto ótimo cardiorrespiratório (POC; menor valor observado na curva do equivalente ventilatório de $\text{O}_2 - \text{VE}/\text{VO}_2$) e primeiro limiar ventilatório (LV1). O LV1 foi identificado quando foi observado um aumento na curva do VE/VO_2 não acompanhado do aumento na curva do VE/VCO_2 (WASSERMAN, 1984).

Durante a realização do TCPE os participantes do estudo foram questionados quanto à percepção subjetiva de esforço, por meio da visualização da Escala de *Borg* (BORG, 2000). Como os indivíduos usavam uma máscara para a análise dos gases ventilatórios e não podiam falar, um gestual foi previamente combinado para que o avaliado pudesse expressar a sua nota de cansaço.

O TCPE foi interrompido por solicitação do participante do estudo ou no aparecimento de qualquer sinal ou sintoma descrito pelo *American College of Sports and Medicine* (ACSM, 2000) como critério de interrupção do teste (Quadro 2). A recuperação pós-esforço foi feita de forma passiva durante três minutos, com os participantes mantendo a ciclagem em rotação livre e sem carga.

Quadro 2 – Critérios absolutos e relativos para a interrupção de um teste de esforço, de acordo com o *American College of Sports and Medicine*

Indicações absolutas
Infarto agudo do miocárdio ou suspeita de infarto agudo do miocárdio
Início de angina moderada a grave
Queda na PAS com aumento da sobrecarga acompanhada de sinais ou sintomas
Arritmias graves (p. ex., bloqueio átrio ventricular de segundo ou terceiro grau)
Sinais de pouca perfusão, incluindo palidez, cianose, ou pele fria e viscosa
Encurtamento da respiração raro ou grave
Sintomas no sistema nervoso central, incluindo ataxia, vertigem, problemas visuais ou da marcha, ou confusão
Incapacidade técnica de monitorar o ECG
Demanda do paciente
Indicações relativas
Alterações pronunciadas no ECG da linha basal
Qualquer dor torácica que esteja aumentando
Manifestações físicas ou verbais de fadiga grave ou encurtamento da respiração
Respiração sibilante
Cãibras nas pernas ou claudicação intermitente (grau 3 na escala de 4 pontos)
Resposta hipertensiva (PAS>260 mm Hg; PAD>15 mm Hg)
Arritmias menos graves como taquicardia supraventricular
Bloqueio de feixe de ramo induzido por exercício que não pode ser diferenciado de taquicardia ventricular

Fonte: *American College of Sports and Medicine (2000)*.

2.4.3 Variabilidade da frequência cardíaca

Após a realização do TCPE, os intervalos RR foram observados em sua totalidade, de modo a permitir a análise da VFC. Por conseguinte, para a avaliação específica da VFC, foram observados os intervalos RR em diferentes momentos do TCPE, repouso, esforço e recuperação. Para a determinação do valor dos intervalos RR, foram considerados a diferença entre dois intervalos RR consecutivos, sendo o posterior menos o anterior com a medida em ms.

Com a contagem dos intervalos RR definida, todos os valores foram exportados para o *KUBIOS software HRV* (*Biomedical Signal Analysis Group*, do Departamento de Física Aplicada da Universidade de Kuopio, Finlândia).

Os dados dos intervalos RR foram analisados utilizando o *software KUBIUS* foram divididos em janelas de 30s, sendo que os artefactos de sinal foram filtrados pela opção médium que o *software* disponibiliza (Figura 3). Novamente os momentos do TCPE analisados foram o repouso, o exercício e a recuperação, tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência. As variáveis consideradas estão descritas no Quadro 3.

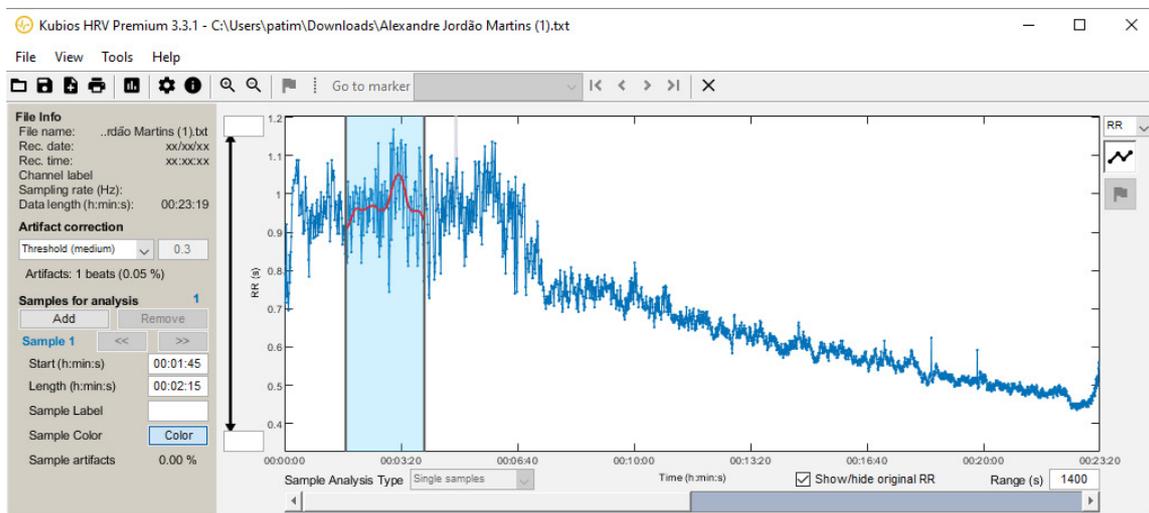


Figura 3: *Software KUBIUS* e seu aspecto visual.

Quadro 3 – Relação das variáveis consideradas na análise da VFC

SIGLA	SIGNIFICADO	CONCEITO
SDNN	<i>Standart deviation of NN</i>	Desvio padrão de todos intervalos RR normais gravados em um intervalo, expresso em milissegundos
SDANN	<i>Standart deviation of averages NN</i>	Desvio padrão das médias dos intervalos RR normais gravados a cada 5 minutos, expresso em milissegundos
SDNNi	<i>Standard deviations of all the NN intervals</i>	Média do desvio padrão dos intervalos RR normais a cada 5 minutos expresso em milissegundos.
RMSSD	<i>Root Mean Square of the successive Differences</i>	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo expresso em milissegundos.
PNN50	<i>Percentage of adjacent NN intervals</i>	Porcentagem dos intervalos RR adjacentes, com diferença de duração > 50 ms
HF	<i>Hight Frequency</i>	Potência contida na faixa na faixa de 0,15 a 0,4HZ
LF	<i>Low Frequency</i>	Potência contida na faixa de 0,04 a 0,15HZ
SD1	<i>Standard deviation</i>	Desvio padrão
SD2	<i>Standard deviation</i>	Desvio padrão

2.4.3.1 Limiar da variabilidade da frequência cardíaca

O limiar da VFC foi identificado por meio de três métodos: (i) quando dois valores consecutivos do índice RMSSD \leq a 1 ms (VASCONCELLOS et al., 2015), (ii) quando dois valores consecutivos do índice SD1 \leq a 1 ms (CUNHA et al., 2014) e (iii) quando dois valores consecutivos do índice SD1 \leq a 3 ms (CUNHA et al., 2014). Uma vez encontrado o momento de ocorrência do LiVFC por meio desses três métodos, foi identificada a carga de esforço (potência, em watts) no momento do LiVFC para análise de concordância entre os métodos.

2.5 Desfechos

2.5.1 Desfecho primário

- $VO_{\text{máx/pico}}$ e LiVFC.

2.5.2 Desfecho secundário

- Tempo total de esforço (min:s)
- Carga no final do esforço (w)
- Tempo no POC (min:s)
- Carga no POC (w)
- Menor VE/ VO_2 (POC)
- VO_2 no POC (ml.kg.min^{-1} e L/min)
- % VO_2 de pico no POC (%)
- Tempo no LV1 (min:s)
- Carga no LV1 (w)
- VO_2 no LV1 (ml.kg.min^{-1} e L/min)
- % VO_2 de pico no LV1 (%)
- Carga no LiVFC (w)

2.6 Análise dos dados

2.6.1 Tamanho amostral (cálculo ou justificativa)

Os participantes do estudo foram recrutados no Instituto Superar, instituição no qual o Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta (PPGCR - UNISUAM) possui parceria técnico-científica. Tratou-se, portanto, de uma amostra por conveniência.

2.6.2 Variáveis de exposição

Prática de paracanoagem.

2.6.3 Plano de análise estatística

Para a análise exploratória dos dados foram utilizadas medidas de tendência central (média e mediana) e medidas de dispersão (desvio-padrão e valores mínimo e máximo).

Considerando o tamanho amostral dos subgrupos do estudo, optou-se pela utilização de procedimento estatístico não-paramétrico – teste de Mann-Whitney para a comparação dos grupos. As correlações entre as variáveis foram verificadas pelo cálculo do coeficiente de correlação de Spearman.

O Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), com o intervalo de confiança de 95% foi calculado por um modelo de análise de variância com efeitos aleatórios (two-way random ANOVA model), para análise de confiabilidade (*consistency*) (ICC_{2,1}). Valores de ICC foram classificados da seguinte maneira: <0,40: inaceitáveis; $\leq 0,40$ ICC $\leq 0,75$: aceitável e >0,75: excelente (SHROUT & FLEISS, 1979; WEIR, 2005).

O nível de significância estatística adotado foi de 5%. As análises foram realizadas no *software* SPSS 22.0 for Windows.

2.6.4 Disponibilidade e acesso aos dados

Os dados foram digitados e arquivados em planilha eletrônica, e utilizados somente para fins de pesquisa, mantendo o anonimato dos participantes do estudo.

Capítulo 3 Resultados

Os resultados da presente dissertação de mestrado estão apresentados em duas etapas: (i) manuscrito intitulado “APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE INDIVÍDUOS COM AMPUTAÇÃO UNILATERAL DE MEMBRO INFERIOR: ANÁLISE EM DIFERENTES INTENSIDADES DURANTE O TESTE CARDIOPULMONAR DE ESFORÇO”, submetido à avaliação quanto à possível publicação no periódico “Ciência em Movimento – Reabilitação e Saúde” (Apêndice 3) e (ii) análise com discussão dos índices SD1 e RMSSD da VFC, e de concordância entre os métodos para a determinação do LiVFC e o LV1.

Adicionalmente, os trabalhos relacionados à linha de pesquisa “Reabilitação no esporte e no esporte adaptado” desenvolvidos nos 24 meses do curso também foram apresentados.

3.1 Manuscrito

“APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE INDIVÍDUOS COM AMPUTAÇÃO UNILATERAL DE MEMBRO INFERIOR: ANÁLISE EM DIFERENTES INTENSIDADES DURANTE O TESTE CARDIOPULMONAR DE ESFORÇO”

Autores:

Roberto Miranda Ramos Costa¹, Patrícia Marques Aroso Lisboa¹, Mauro Augusto dos Santos², Míriam Raquel Meira Mainenti³, Agnaldo José Lopes¹ e Patrícia dos Santos Vigário¹

¹Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM); ²Instituto Nacional de Cardiologia (INC) e ³Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx)

RESUMO

A amputação de membros inferiores impacta diretamente na mobilidade dos indivíduos, podendo levar a uma baixa aptidão cardiorrespiratória. O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) é uma variável tradicionalmente utilizada para descrever a aptidão cardiorrespiratória. Contudo, como a sua obtenção nem sempre é viável, sobretudo em populações com limitações funcionais, a utilização de variáveis em níveis submáximos de esforço pode ser uma estratégia eficiente. Objetivo: Descrever a aptidão cardiorrespiratória em esforço de indivíduos com amputação unilateral de membro inferior utilizando variáveis tradicionalmente utilizadas no máximo/pico do esforço, como o $VO_{2m\acute{a}x}$ (ou VO_{2pico}) e o limiar ventilatório 1 (LV1), além do ponto ótimo cardiorrespiratório (POC), utilizado em intensidades submáximas. Métodos: Estudo seccional com a participação de 06 indivíduos com amputação unilateral de membro inferior e 10 indivíduos sem amputação. A aptidão cardiorrespiratória foi investigada por meio do teste de esforço cardiopulmonar em cicloergômetro para membros superiores, com carga inicial de 20W, incrementos sucessivos de 5W a cada minuto, com ciclagem entre 50-60 rpm. Foram consideradas as variáveis: $VO_{2m\acute{a}x}$ (ou VO_{2pico}) absoluto e relativo, LV1 (VO_2 e % do VO_{2pico}) e POC (VO_2 e % do VO_{2pico}). Resultados: Os indivíduos amputados apresentaram menor VO_{2pico} absoluto e relativo ($p < 0,05$) que os não amputados. O valor absoluto do POC, o tempo e a carga no momento da ocorrência, não se diferiram entre os grupos (todos os $p > 0,05$), porém os amputados apresentaram este ponto em um maior percentual do VO_{2pico} ($p < 0,05$) e em um menor VO_2 relativo ($p < 0,05$). Não houve diferença entre os grupos no que diz respeito ao tempo e carga no momento do alcance do LV1 ($p = 0,25$ e $p = 0,17$, respectivamente), e percentual do VO_{2pico} ($p = 0,59$), contudo os amputados apresentaram menor VO_2 relativo neste momento ($p = 0,04$). Conclusão: Indivíduos com amputação unilateral de membro inferior apresentaram menor aptidão cardiorrespiratória em diferentes intensidades de esforço quando comparados com indivíduos sem amputação, porém apresentaram a maior eficiência entre os sistemas respiratório e circulatório (POC) em um maior % VO_{2pico} . Sendo o $VO_{2m\acute{a}x}$, o LV1 e o POC variáveis estreitamente relacionadas com o aumento do risco cardiovascular, é importante que estratégias que contribuam para o aumento do gasto energético diário, e conseqüentemente melhora da aptidão cardiorrespiratória sejam aplicadas à população de amputados.

Palavras-chave: deficiência física; consumo de oxigênio; reabilitação.

INTRODUÇÃO

A cirurgia de amputação visa a retirada total ou parcial de extremidade ou extremidades que por motivos como traumas, tumores, infecções e doenças não podem ser recuperados. A permanência dessa extremidade pode agravar a saúde do indivíduo causando sofrimento físico e emocional e, por isso, a amputação deve ser vista como uma intervenção reconstrutora uma vez que se espera que a retirada do membro comprometido gere menos dor e uma melhor funcionalidade ao indivíduo (Molina e Faulk, 2014; Schnur e Meier, 2014).

Sepse de tecidos moles, diabetes *mellitus* (Mantovani et al., 2017), doença oclusiva arterial periférica, neuropatia, traumas (Bemben et al., 2017) e explosivos (Isaacson et al., 2010) estão entre possíveis causas de amputação de membros inferiores. Independente da causa, a amputação cursa com problemas clínicos e funcionais, impactando sobretudo na mobilidade (Esfandiari et al., 2017).

A mobilidade comprometida, associada ou não à inadaptação à próteses e órteses, ao número reduzido de equipamentos e espaços acessíveis para a prática de exercícios físicos, além de problemas emocionais como baixa autoestima, autoimagem e autoconfiança, contribui para níveis inadequados de atividade física diário (Langford et al. 2019).

Reconhecidamente, um dos grandes problemas do sedentarismo reside no aumento do risco de morbimortalidade cardiovascular (Mok et al., 2019), sendo que em indivíduos com amputações naturalmente já apresentam este risco aumentado (Mundell et al., 2018). Recentemente, um estudo com 162 indivíduos com amputação transfemural demonstrou que o risco de eventos cardiovasculares é aproximadamente quatro vezes maior (razão de risco =3,8; IC95%= 3,07-4,49) nesta população quando comparada com a população sem amputação, independente do uso de próteses (razão de risco= 1,20; IC95%=0,55-2,62) (Mundell et al., 2018).

Em contrapartida, uma boa aptidão cardiorrespiratória se associa a um melhor estado geral de saúde. O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e o consumo de oxigênio no limiar ventilatório 1 (LV1), também chamado de limiar anaeróbio, são descritos como duas variáveis preditoras de mortalidade cardiovascular e mortalidade por todas as causas (Laukkanen et al., 2004;

Kunutsor et al., 2016). A obtenção do $VO_{2máx}$, contudo, depende da realização efetivamente máxima de um teste de esforço, assim como o LV1 também requer um nível intenso.

Em indivíduos com limitações funcionais tais como em quadros de lesão medular, malformações e amputações, nem sempre a intensidade máxima é verdadeiramente alcançada, sendo o esforço comumente interrompido por outros fatores que não a fadiga central (Ross, 2003). Dessa forma, nem sempre a obtenção do $VO_{2máx}$ e do LV1 são viáveis, e a interpretação e aplicação dos resultados se tornam limitadas.

De forma a minimizar a problemática da interpretação de variáveis supostamente máximas, porém obtidas muitas vezes em testes com intensidades submáximas, Ramos et al. (2012) propuseram um índice, o Ponto Ótimo Cardiorrespiratório (POC). O POC, definido como o menor valor do equivalente ventilatório de oxigênio (quociente entre a ventilação pulmonar e o consumo de oxigênio; VE/VO_2) durante o esforço, reflete a integração dos sistemas circulatório e circulatório, bem como a economia ventilatória para a obtenção do oxigênio para atender as demandas metabólicas os músculos ativos durante o exercício.

A análise do POC já foi descrita na população de homens e mulheres não-atletas, sem obesidade e sem doenças cardiorrespiratórias (Ramos et al. 2012) e futebolistas adultos profissionais (Souza e Silva, 2018). Mas paradoxalmente, que seja do nosso conhecimento, ainda não foi aplicado em populações com limitações físicas, particularmente, em indivíduos com amputação. O uso do POC para descrever a aptidão cardiorrespiratória nesta população pode ser uma boa estratégia levando-se em consideração as limitações funcionais que indivíduos com amputação comumente apresentam e, também, eventuais limitações relacionadas à operacionalização do próprio teste, como, por exemplo, o tipo de ergômetro.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi descrever a aptidão cardiorrespiratória em esforço de indivíduos com amputação unilateral de membro inferior utilizando variáveis tradicionalmente utilizadas no máximo/pico do esforço, como o $VO_{2máx}$ (ou VO_{2pico}) e o LV1, além do POC, utilizado em intensidades submáximas.

MÉTODOS

Delineamento do estudo e amostra

Foi realizado um estudo observacional do tipo seccional com a participação de homens, com idade maior ou igual a 18 anos, com amputação transtibial ou transfemural unilateral e fisicamente ativos (prática de paracanoagem há, pelo menos três meses). Foram excluídos do estudo indivíduos tabagistas e com limitações musculoesqueléticas que pudessem limitar a realização do protocolo. Para fins de comparação, um grupo de indivíduos sem amputação também foi considerado respeitando os mesmos critérios de inclusão e exclusão. O nível de atividade física neste grupo foi avaliado por meio do preenchimento do IPAQ versão curta (Matsudo et al., 2012) e foram incluídos os indivíduos com classificação “irregularmente ativo”, “ativo” ou “muito ativo”.

Teste Cardiopulmonar de Esforço

O teste cardiopulmonar de esforço (TCPE) foi realizado em um cicloergômetro para membros superiores (TopExcite; TechnoGym; Itália), seguindo o protocolo de carga inicial de 20w e sucessivos incrementos de 5w a cada minuto, com ciclagem entre 50-60 rpm. Os indivíduos foram encorajados verbalmente para alcançarem o máximo de esforço durante o TCPE, sendo o teste interrompido quando os participantes alcançavam a exaustão voluntária máxima.

Durante o TCPE a análise metabólica dos gases foi feita por meio de um analisador de gases (VO2000; MedGraphics; Brasil) no qual foram feitas as leituras da ventilação pulmonar (VE; L/min) e das frações expiradas de oxigênio ($F_{E}O_2$; %) e de gás carbônico ($F_{E}CO_2$; %) para o cálculo das variáveis (VE/VO₂) e de gás carbônico (VE/VCO₂). Os dados foram analisados e expressos respiração-a-respiração. Para fins de padronização, foi considerado como VO₂ de pico o maior valor apresentado na curva durante o teste. O VO₂ foi considerado máximo quando: (i) na presença de um platô na curva do VO₂ mesmo com o aumento da intensidade do esforço; (ii) quando o quociente respiratório (R) foi $\geq 1,15$; e (iii) existência do LV1 (Yazbek et al., 1998).

Limiar ventilatório 1 – LV1

Para a determinação do LV1 optou-se pela inspeção gráfica do comportamento dos equivalentes ventilatórios - VE/VO₂ e do VE/VCO₂. O LV1 foi definido como o ponto da curva em que houve um aumento na curva do VE/VO₂, sem o concomitante aumento do VE/VCO₂ (Wasserman, 1984). A análise do LV1 foi feita por dois avaliadores experientes, de forma independente, e em seguida foi verificada a concordância dos avaliadores em cada teste. Em caso de discordância, um terceiro avaliador foi consultado.

Ponto ótimo cardiorrespiratório – POC

O POC foi definido como o menor valor na curva do VE/VO₂ durante o exercício, conforme descrito por Ramos et al. (2012). Foram considerados além do valor absoluto do VE/VO₂, o valor do VO₂, em ml.kg.min⁻¹ e em percentual, referente ao momento da identificação do POC.

Procedimentos estatísticos

Os resultados foram descritos por meio de média (mediana)± desvio-padrão. Considerando o tamanho amostral dos subgrupos do estudo, optou-se pela utilização de procedimento estatístico não-paramétrico – teste de Mann-Whitney para a comparação dos grupos. As correlações entre as variáveis foram verificadas pelo cálculo do coeficiente de correlação de Spearman. O nível de significância estatística adotado foi de 5% e as análises foram realizadas no SPSS 17.0.

RESULTADOS

Os grupos foram equiparáveis em relação à idade (amputação =37,67 (38,00) ±13,46 anos vs. sem amputação = 32,60 (33,50) ± 5,78 anos; p=0,66), à massa corporal total (amputação = 90,87 (87,75) ± 26,79 kg vs. sem amputação = 86,23 (85,55) ± 11,40 kg; p=0,91) e ao IMC (amputação=26,98 (26,1) ±4,27 kg/m² vs. sem amputação = 27,2 (27,05)±3,34 kg/m²; p=0,66). Os amputados praticavam paracanoagem recreacionalmente há 5 (3) ± 4,1 meses, em uma frequência semanal de 4 (4) ±0,63 vezes por semana.

As características demográficas e relativas à amputação dos participantes do estudo estão apresentadas na Tabela 1. O tempo de amputação médio foi de

10,83 (10,00) \pm 5,56 anos, sendo todas traumáticas e a principal causa a osteomielite (50,0%).

Tabela 1 – Variáveis relativas à amputação de cada participante do estudo.

<i>N</i>	<i>Tipo de amputação</i>	<i>Causa</i>	<i>Tempo de amputação (anos)</i>
1	Transtibial	Acidente com veículo	13
2	Transtibial	Osteomielite	18
3	Transfemural	Acidente com veículo	5
4	Transtibial	Osteomielite	6
5	Transtibial	Osteomielite	7
6	Transtibial	Fratura Exposta	16

Os dados relativos à capacidade cardiorrespiratória em esforço estão apresentados na Tabela 2. No final do exercício, os grupos apresentaram tempo total e carga total de esforço semelhantes ($p=0,83$ e $p=0,79$, respectivamente). Tanto no grupo de amputados quanto no grupo de indivíduos sem amputação nenhum indivíduo apresentou os critérios para a caracterização do alcance do $VO_{2máx}$. Dessa forma, ao analisarmos o VO_{2pico} , percebemos maior valor médio entre os indivíduos sem amputação, tanto na análise absoluta quanto na relativa à massa corporal. Todos os participantes do estudo, independente do grupo, relataram a fadiga periférica (membros superiores) como motivo para interrupção do esforço.

O valor absoluto do POC, o tempo e a carga no momento da ocorrência, não se diferiram entre os grupos (todos os $p > 0,05$), porém os amputados apresentaram este ponto em um maior percentual do VO_{2pico} ($p < 0,05$) e em um menor VO_2 relativo ($p < 0,05$). Nos dois grupos o POC antecedeu à ocorrência do LV1.

O LV1 foi identificado em todos os participantes do grupo de amputados, enquanto no grupo de não-amputados, em 70%. Não houve diferença entre os grupos no que diz respeito ao tempo e carga no momento do alcance do LV1

($p=0,25$ e $p=0,17$, respectivamente), e percentual do $VO_{2\text{pico}}$ ($p=0,59$), contudo os amputados apresentaram menor VO_2 relativo neste momento ($p=0,04$).

Não foram observadas correlações entre o POC e: a) $VO_{2\text{pico}}$ (amputados: $r= -0,657$; $p=0,156$ e não amputados: $r= -0,455$; $p=0,187$); b) % do $VO_{2\text{pico}}$ no LV1 (amputados: $r= -0,086$; $p= 0,872$ e não amputados: $r= -0,679$; $p=0,094$) e c) idade (amputados: $r=0,638$; $p=0,173$ e não amputados: $r=-0,389$; $p=0,266$).

Tabela 3 – Variáveis referentes ao teste de esforço cardiopulmonar dos subgrupos do estudo

	<i>Indivíduos com amputação (N=06)</i>	<i>Indivíduos sem amputação (N=10)</i>	<i>P-valor*</i>
Tempo total de esforço (min:s)	17:52 (17:59) ± 4:22	17:33 (17:30) ± 2:51	0,83
Carga no final do esforço (w)	102,50 (102,50) ± 22,53	100,5 (100,00) ± 14,80	0,79
VO ₂ pico (ml.kg.min ⁻¹)	14,25 (15,75) ± 5,09	32,14 (32,30) ± 4,75	<u><0,05</u>
VO ₂ pico (L/min)	1,20 (1,23) ± 0,29	2,78 (2,88) ± 0,60	<u><0,05</u>
Tempo no POC (min:s)	4:04 (4:03) ± 1:38	3:09 (2:49) ± 0:53	0,21
Carga no POC (w)	34,17 (32,50) ± 7,36	29,00 (27,50) ± 4,59	0,14
Menor VE/ VO ₂ (POC)	15,82 (15,30) ± 2,48	16,12 (15,30) ± 2,54	0,79
VO ₂ no POC (ml.kg.min ⁻¹)	6,42 (7,07) ± 1,90	10,15 (9,03) ± 3,29	<u><0,05</u>
VO ₂ no POC (L/min)	0,56 (0,53) ± 0,17	0,87 (0,81) ± 0,29	<u>0,01</u>
%VO ₂ de pico no POC (%)	46,37 (45,83) ± 6,64	31,65 (28,55) ± 8,66	<u><0,05</u>
Tempo no LV1 (min:s)	11:03 (10:41) ± 3:24	8:34 (10:01) ± 4:22	0,25
Carga no LV1 (w)	67,50 (67,50) ± 18,64	51,67 (52,50) ± 18,89	0,17
VO ₂ no LV1 (ml.kg.min ⁻¹)	8,77 (9,24) ± 3,77	18,29 (16,27) ± 8,65	<u>0,04</u>
VO ₂ no LV1 (L/min)	0,73 (0,72) ± 0,22	1,58 (1,50) ± 0,86	<u>0,03</u>
%VO ₂ de pico no LV1 (%)	60,41 (57,85) ± 6,13	59,13 (56,45) ± 24,23	0,59

POC = Ponto ótimo cardiorrespiratório; LV1 = Limiar ventilatório 1; *Teste de Mann-Whitney; significância estatística = 5%.

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo descrever a capacidade cardiorrespiratória em esforço de indivíduos com amputação unilateral de membro inferior utilizando variáveis tradicionalmente utilizadas no máximo do esforço e intensidades submáximas. Os principais achados foram que o grupo apresentou menor $VO_{2\text{pico}}$ para a mesma intensidade de esforço quando comparado aos indivíduos sem amputação, assim como o VO_2 em intensidades submáximas de esforço, isto é, no POC e no LV1. No entanto, o grupo alcançou o POC e o LV1 em valores percentuais do $VO_{2\text{pico}}$ semelhantes aos indivíduos não amputados.

O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$) é a variável que melhor representa a capacidade aeróbia de um indivíduo, sendo maiores valores associados a um menor risco de eventos cardiovasculares fatais e não-fatais (Khan et al., 2014; Khan et al., 2017). No presente estudo, nos dois grupos investigados nenhum participante alcançou o $VO_{2\text{máx}}$. Isso pode estar relacionado ao tipo de ergômetro utilizado que, entre outros fatores influencia na resposta metabólica máxima (Miranda et al., 2011; Wasserman et al., 1999). Particularmente em relação ao cicloergômetro para membros superiores, sabe-se que: (i) mobiliza uma menor quantidade de grupamentos musculares quando comparado a outros ergômetros como a esteira rolante e a bicicleta ergométrica; e (ii) o gestual do movimento é menos familiar que o gestual nos ergômetros anteriormente citados, além de não serem grupamentos musculares comumente utilizados em atividades do dia-a-dia, fato este que pode facilitar a interrupção do teste por fadiga muscular periférica. De fato, todos os participantes do estudo relataram a fadiga nos membros superiores como a principal causa para a interrupção do esforço. Esses fatores, em conjunto, podem ter contribuído para o alcance do $VO_{2\text{pico}}$ ao invés do $VO_{2\text{máx}}$.

Em relação ao $VO_{2\text{pico}}$, observou-se que os indivíduos com amputação apresentaram valor médio aproximadamente 50% menor que os indivíduos sem amputação, refletindo uma menor integridade dos sistemas respiratório, circulatório e muscular, determinantes da aptidão cardiorrespiratória (Wasserman, 1984). Essa diferença foi percebida tanto na análise absoluta, em litros/minuto, quanto relativa à massa corporal (ml.kg.min^{-1}). Sabe-se que variáveis como idade, nível de atividade física diária e tamanho corporal influenciam o $VO_{2\text{máx}}$ (Ross, 2003). Mesmo que os indivíduos amputados praticassem exercícios físicos recreacionalmente em média três vezes por semana, acredita-se que no dia-a-dia, em função da menor mobilidade

comumente causada pela retirada do membro, estes indivíduos tenham um gasto energético menor, levando a uma menor aptidão cardiorrespiratória quando comparados com congêneres sem amputação. Recentemente, um estudo incluindo a participação de 72 indivíduos com amputações em membros inferiores – maior parte homens, com amputação a nível transtibial, e com idade média de 53,6 anos – demonstrou que 61% dos participantes não apresentava o mínimo suficiente de atividade física diária para ser classificado como suficientemente ativo e 33% foi classificado como sedentário (Langford et al., 2019).

Considerando as intensidades submáximas do esforço, o presente estudo considerou os seguintes momentos: (i) POC e (ii) LV1. O POC foi descrito pela primeira vez, em 2012, por uma equipe de pesquisadores brasileiros (Ramos et al., 2012), seguindo a avaliação homens e mulheres saudáveis em esteira ergométrica. Os autores observaram que POC foi alcançado, em média, a 44% do $VO_{2máx}$ e antes do LV1. Em futebolistas profissionais, o POC foi alcançado entre 48,4% e 57% do $VO_{2máx}$, sendo esta variação relacionada à posição em campo - particularmente os goleiros que alcançaram o POC em um maior percentual do $VO_{2máx}$ e um menor VO_{2max} (Souza e Silva et al., 2018). No presente estudo, os amputados alcançaram o POC em um maior %do VO_{2pico} em comparação aos não-amputados (média do grupo de amputados=46,37; não amputados = 31,65), sendo os valores médios semelhantes aos descritos por Ramos et al. (2012), que foi, em média de 44%. Entretanto, mesmo que tenha havido diferença, os dois grupos alcançaram o POC em um % do VO_{2pico} dentro do reportado na literatura, isto é, 30 a 50% (Ramos et al., 2012).

Valores de POC inferiores a 22, avaliados por meio do esforço realizado em cicloergômetro para membros inferiores por indivíduos saudáveis e com doenças crônicas, se mostraram associados a um menor risco de mortalidade (Ramos et al., 2017). Tomando isoladamente este valor como referência, poderíamos sugerir que os indivíduos amputados teriam um bom prognóstico clínico (POC médio do grupo = 15,82; menor valor = 13,3; maior valor = 20,0). No entanto, esse resultado deve ser interpretado com cautela considerando as seguintes questões: (i) os ajustes metabólicos durante o esforço físico são dependentes, entre outros, do ergômetro e do protocolo do esforço. Por isso, é possível que haja diferenças entre o POC obtido em esforços realizados com os membros superiores e inferiores, reflexo da quantidade de grupamentos musculares mobilizados e diferenças nos tipos de fibras (Ross, 2003) e (ii) o grupo apresentou baixo VO_{2pico} , que é um indicativo de baixa

aptidão cardiorrespiratória. Ramos e Araújo (2017) avaliaram capacidade cardiorrespiratória máxima em cicloergômetro para membros inferiores de 3331 adultos com e sem doenças crônicas. Por meio da combinação entre o POC – estratificado em <22 (baixo), 22-30 (médio) e >30 (alto) – e o $VO_{2máx}$ – estratificado em <15,75 (baixo); 15,76-30 (médio) e > 30 (alto) $ml.kg.min^{-1}$ – constatou-se por meio da análise da curva de sobrevivência de Kaplan-Meier, que independente da classificação do POC (baixo, médio ou alto), quando na presença de um baixo $VO_{2máx}$, o risco de morte é maior (quanto maior o POC e menor o $VO_{2máx}$, maior a mortalidade).

Outra abordagem que ressalta a menor aptidão cardiorrespiratória nos amputados diz respeito ao LV1. O LV1 traduz o momento do esforço em que inicia-se a transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio. A partir deste momento, o exercício deixa de ser quase que exclusivamente aeróbio e passa a ter um aumento na contribuição de mecanismos anaeróbios no processo de produção de energia (Ross, 2003). Esforços progressivos realizados acima do LV1 se associam ao decréscimo da tolerância ao esforço (Sullivan et al., 1995).

No presente estudo, por mais que os indivíduos amputados tenham alcançado o LV1 em um percentual do VO_{2pico} dentro do previsto para a população saudável, isto é, 50-60% (European Respiratory Society, 1997) e semelhante ao grupo de não-amputados, o este percentual não confere uma boa aptidão cardiorrespiratória ao grupo dado o valor do VO_2 no momento do LV1 (quase 50% menor que o grupo de não amputados). Pode-se sugerir que embora os amputados apresentem uma baixa aptidão cardiorrespiratória, parece que possuem tolerância semelhante aos não amputados no que diz respeito ao início da transição do metabolismo.

O presente estudo apresenta como limitação o pequeno tamanho amostral, que pode limitar a inferência dos achados. No entanto, que seja de conhecimento dos autores, esta é a primeira abordagem envolvendo a avaliação da aptidão cardiorrespiratória em esforço de indivíduos com amputação de membro inferior, em diferentes intensidades. Especificamente, esta é a primeira investigação do POC nesta população: uma variável que reflete a eficiência da integração entre os sistemas cardiovascular e respiratório, e com boa aplicabilidade em populações que apresentem limitações funcionais que impeçam o alcance do esforço máximo (Ramos et al., 2012).

Considerando que a amputação de membros inferiores se relaciona a uma menor participação em atividades físicas por razões que vão desde a falta de

acessibilidade, materiais (próteses e órteses) e questões emocionais como problemas com a autoestima, autoimagem, autoconfiança e motivação (Miller et al., 2018), o conhecimento da aptidão cardiorrespiratória de indivíduos com amputação torna-se necessária e relevante no contexto da reabilitação. A utilização do $VO_{2\text{pico}}$, o LV1 e o POC como base para prescrição de exercícios permitem que os estímulos sejam efetivamente individualizados de acordo com as demandas e condições fisiológicas, fato este que favorecerá a ocorrência de adaptações crônicas mais consistentes.

Como perspectivas futuras espera-se a realização de outros estudos envolvendo, entre outros: (i) um maior tamanho amostral de modo a aumentar o poder das inferências, (ii) a população de mulheres uma vez que as respostas metabólicas se diferem de acordo com o sexo; (iii) a criação de pontos de corte para a classificação do POC envolvendo cicloergômetro para membros superiores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Indivíduos com amputação unilateral de membro inferior apresentam menor aptidão cardiorrespiratória em diferentes intensidades de esforço quando comparados com indivíduos sem amputação. Sendo o $VO_{2\text{máx}}$, o LV1 e o POC variáveis estreitamente relacionadas com o aumento do risco cardiovascular, é importante que estratégias que contribuam para o aumento do gasto energético diário, e consequentemente melhora da aptidão cardiorrespiratória sejam aplicadas à população de amputados. Nesse cenário, os exercícios físicos compõem um grupo de estratégias que podem ser adotados para estes fins, tornando-se mais efetivos se prescritos conforme as demandas individuais.

AGRADECIMENTOS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001, the Carlos Chagas Filho Foundation for the Research Support in Rio de Janeiro State (FAPERJ) and Brazilian Council for the Technological and Scientific Development (CNPq).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BEMBEN D.A.; SHERK VD.; ERTL W.J.J; BEBEM M.G. Acute bone changes after lower limb amputation resulting from traumatic injury. **Osteoporos Int.** V.28; N.7; P. 2177-2186; 2017

PLÍNIO S. RAMOS B, CLAUDIO GIL S. ARAÚJO. Cardiorespiratory optimal point during exercise testing as a predictor of all-cause mortality. **Rev Port Cardiol.** v.36; n4; p. 261---269; 2017

Christina Grüne de Souza e Silva, Claudia Lucia Barros de Castro, João Felipe Franca, Altamiro Bottino, Jonathan Myers, Claudio Gil Soares de Araújo. Cardiorespiratory Optimal Point in Professional Soccer Players: A Novel Submaximal Variable During Exercise. **Int J Cardiovasc Sci.** 2018.

ESFANDIARI E, YAVARI A, KARINI A, MASOUMI M, SOROUSH M, SAEEDI H. Long-term symptoms and function after war-related lower limb amputation: A national cross-sectional study. **Acta Orthop Traumatol Turc.** V.52; n.5; p. 348-351; 2018.

European Respiratory Society. Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies. ERS Task Force on Standardization of Clinical Exercise Testing. **Eur Respir J.** v.10; p.2662–2689; 1997.

ISAACSON BM, WEEKS SR, PASQUINA PF, WEBSTER JB, BECK JP, BLOEBAUM RD. The road to recovery and rehabilitation for injured service members with limb loss: a focus on Iraq and Afghanistan. **US Army Med Dep J.** 2010.

KHAN H, JAFFAR N, RAURAMAA R, KURL S, SAVONEN K, LAUKKANEN JA. Cardiorespiratory fitness and no fatal cardiovascular events: A population-based follow-up study. **Am Heart J.** v.184; p.55-61; 2017.

KHAN H, KUNUTSOR S, RAURAMAA R, SAVONEN K, KALOGEROPOULOS AP, GEORGIPOULOU VV, BUTLER J, LAUKKANEN JA. Cardiorespiratory fitness and risk of heart failure: a population-based follow-up study. **Eur J Heart Fail.** v.16; n.2; p.180-8; 2014.

KUNUTSOR SK, KURL S, KHAN H, ZACCARDI F, LAUKKANEN JA. Associations of cardiovascular and allcause mortality events with oxygen uptake at ventilatory threshold. **Int J Cardiol.** 2017. v.1; n.236; p. 444-450; 2017.

LANGFORD J; DILLON MP; GRANCER CL; BARR C. Physical activity participation amongst individuals with lower limb amputation. **Disabil Rehabil** v.41; n.9; p. 1063-1070; 2019.

LAUKKANEN JA; KURL S; SALONEN R; RAURAMAA R; SALONEN JT. The predictive value of cardiorespiratory fitness for cardiovascular events in men with various risk profiles: a prospective population-based cohort study. **Eur Heart J.** v.25; n.16; p.1428-37; 2004.

MANTOVANI AM.; , FREGONESI CE.; PALMA MR.; RIBEIRO FE.; FERNANDES R.A.; CHRISTOFARO D.G. Relationship between amputation and risk factors in individuals with diabetes mellitus: A study with Brazilian patients. **Diabetes Metab. Syndr.** V.11; n. 1; p. 47-50; 2016.

MATSUDO, S.; ARAÚJO, T.; MATSUDO, V.; ANDRADE, D.; ANDRARE, E.; OLIVEIRA, L. C.; BRAGGION, G. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde.** v. 6, n. 2, p. 5-18, 2012.

MILLER MJ, JONES J, ANDERSON CB, CHRISTIANSEN CL. Factors influencing participation in physical activity after dysvascular amputation: a qualitative meta-synthesis. **Disabil Rehabil.** v. 27; p.1-10; 2018.

MIRANDA EF.; MALAGUTI C.; CORSO SD.
Peripheral muscle dysfunction in COPD: lower limbs versus upper limbs. **J Bras Pneumol.** v.37; n.3; p.380-8; 2011.

MOLINA C.S; FAULK J.B. Lower Extremity Amputation. **StatPearls Publishing;** 2019.

MUNDELL BF; LUETMER MT; KREMERS HM; VISSCHER S; HOPPE KM; KAUFMAN. The risk of major cardiovascular events for adults with transfemoral amputation. **J Neuroeng Rehabil.** v.15; n.1; p.58; 2018.

PAULO YAZBEK JR, RICARDO TAVARES DE CARVALHO, LÍVIA MARIA DOS SANTOS SABBAG, LINAMARA RIZZO BATTISTELLA. Ergoespirometria. Teste de Esforço Cardiopulmonar, Metodologia e Interpretação. **Arq Bras Cardiol** volume 71, (nº 5), p. 719-724, 1998.

RAMOS PS, ARAÚJO CG. Cardiorespiratory optimal point during exercise testing as a predictor of all-cause mortality. **Rev Port Cardiol.** V.36; n.4; p.261-9; 2017.

RAMOS PS, RICARDO DR, ARAÚJO CG. Cardiorespiratory optimal point: a submaximal variable of the cardiopulmonary exercise testing. **Arq Bras Cardiol.** v.99; n.5; p.988-96; 2012.

ROSS RM. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. **Am J Respir Crit Care Med.** V.167; n.10; p.1451; 2003.

SCHNUR D.; MEIER R.H. Amputation surgery. **Phys Med. Rehabil.** v.25.; n. 1: p. 35-43; 2014.

SOUZA E SILVA, CHRISTINA GRÜNE DE; CASTRO, CLÁUDIA LÚCIA BARROS DE; FRANCA, JOÃO FELIPE; BOTTINO, ALTAMIRO; MYERS,

JONATHAN; ARAÚJO, CLÁUDIO GIL SOARES DE. Ponto ótimo cardiorrespiratório em futebolistas profissionais: uma nova variável submáxima do exercício. **Int. j. cardiovasc. sci. (Impr.)** V.31; n.4; 2018.

WASSERMAN K, HANSEN JE, SUE DY, WHIPP BJ, CASABURI R. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications, 3rd ed. **Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins**; 1999.

WASSERMAN K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. **Am Rev Resp Dis.** v.129; p.35- 1984

3.2 Análise com discussão dos índices SD1 e RMSSD da VFC, e de concordância entre os métodos para a determinação do LiVFC e o LV1

Foi feita a identificação do limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) pelos três métodos propostos a partir da contagem dos intervalos RR obtidos pelo ECG: $SD1 \leq 1$ ms, $SD1 \leq 3$ ms e $RMSSD \leq 1$ ms. Os valores médios (mediana) \pm desvio-padrão de cada índice de VFC no momento do LiVFC estão apresentados na Tabela 3. Pelos métodos $SD1 \leq 1$ ms e $RMSSD \leq 1$ ms o LiVFC foi identificado em todos os participantes do estudo. Pelo método $SD1 \leq 3$ ms foi possível identificar o LiVFC em somente 66,7% (N=04) dos participantes. O limiar ventilatório 1 (LV1) foi alcançado em 11:03 (10:41) \pm 3:24 min:s, sendo o total de esforço de 13:50 (16:07) \pm 7:27 min:s.

Tabela 3 – Análise exploratória dos métodos de identificação do limiar da variabilidade da frequência cardíaca

Método de identificação do LiVFC	Média (mediana) \pm desvio-padrão
SD1 \leq 1 ms	12,55 (11,40) \pm 8,03
SD1 \leq 3 ms	2,75 (2,75) \pm 0,20

RMSSD ≤ 1 ms	18,8 (16,00) ± 13,7
--------------	---------------------

Na Tabela 4 consta a potência (w) de cada participante do estudo no momento de ocorrência do LV1 e nos momentos quando SD1 foi ≤1 ms, SD1 foi ≤3 ms e RMSSD foi ≤1 ms, ou seja, indicativos de ocorrência do LiVFC. No momento da ocorrência do LV1, a potência média (mediana) do grupo foi igual a 67,5 (67,5) ± 18,64 w. Os coeficientes de correlação intraclasse (ICC_{2,1}) entre a potência do teste (w) no momento do LV1 e os três índices utilizados para identificar o LiVFC considerados no presente estudo estão apresentados na Tabela 5. Percebemos que todos os ICCs foram classificados como “inaceitáveis” (<0,40), demonstrando, portanto, ausência de concordância (validade) entre os métodos.

Tabela 4 - Potência (w) de cada participante do estudo no momento de ocorrência do LV1 e nos momentos quando SD1 ≤1 ms, SD1 ≤3 ms e RMSSD ≤1 ms.

Participante	Potência (w)			
	<i>LV1</i>	<i>SD1 ≤1 ms</i>	<i>SD1 ≤3 ms</i>	<i>RMSSD ≤1 ms</i>
1	70	25	Não identificado	25
2	40	20	Não identificado	20
3	90	25	70	30
4	85	25	50	25
5	55	25	65	25
6	65	20	25	20

Tabela 5 – Coeficiente de correlação intraclassa ($ICC_{2,1}$) entre a potência (w) no momento de ocorrência do LV1 e do LiVFC nos três métodos considerados no estudo.

	Potência (w) Média (mediana) \pm desvio-padrão - LiVFC	Coeficiente de Correlação Intraclassa ($ICC_{2,1}$) com intervalo de confiança de 95%	P-valor
SD1 \leq 1 ms	23,33 (25,00) \pm 2,58	0,169 (-0,671; 0,819)	0,704
SD1 \leq 3 ms	52,5 (57,50) \pm 20,20	0,257 (-0,803; 0,926)	0,601
RMSSD \leq 1 ms	24,17 (25,00) \pm 3,76	0,290 (-0,594; 0,857)	0,605

Na análise de concordância entre os métodos para a identificação do LiVFC foi constatada classificação “excelente” para os índices SD1 \leq 1 e RMSSD \leq 1 ms. As demais concordâncias foram classificadas como “inaceitáveis” (Tabela 6).

Tabela 6 – Coeficiente de correlação intraclassa ($ICC_{2,2}$) entre os três métodos de identificação do LiVFC

	Coeficiente de Correlação Intraclassa ($ICC_{2,2}$) com intervalo de confiança de 95%	P-valor
SD1 \leq 1 ms vs. SD1 \leq 3ms	0,079 (-0,146; 0,774)	0,833
SD1 \leq 1 ms vs. RMSSD \leq 1 ms	0,800 (0,200; 0,969)	0,07
RMSSD \leq 1 ms vs. SD1 \leq 3ms	0,135 (-0,133; 0,815)	0,786

O estudo da VFC e sua relação com o LV1 tem crescido nas últimas décadas, com publicações que datam a década de 90. Lima e Kiss (1999) ao avaliarem a VFC por meio do eletrocardiograma em adultos jovens saudáveis observaram correlação classificada como “boa” ($r=0,75$) entre o LiVFC (SD1 \leq 3ms) e o LV1. Entretanto, a

confiabilidade não foi investigada, fato este que impossibilita, por meio deste estudo, inferir que o LiVFC seja um método válido para estimar o LV1.

BRUNETTO et al. (2005) e BRUNETTO et al., (2008) investigaram a relação entre o LV1 e o LiVFC em adolescentes obesos. Em 2005, utilizando o protocolo de Bruce, com incrementos de cargas a cada 3 min, não foram encontradas correlações significativas ($r=0,28$; $r=0,28$; $r=0,23$; todos os p valores $> 0,05$) entre os valores de ocorrência do LiVFC ($SD1 \leq 3$ ms; $RMSSD \leq 3$ ms; $SD1 \leq 1$ ms) e o LV1 quando considerados valores percentuais do VO_2 pico, porém encontrou-se correlação estatisticamente significativa ($r=0,43$; $r=0,46$; $r=0,42$; $0,05 < p < 0,01$) quando a mesma análise foi feita considerando valores absolutos do VO_2 relativo (ml/kg/min). Já em 2008, os autores correlacionaram o LiVFC ($SD1 \leq 3$ ms) com o LV1 através da carga de ocorrência nos momentos dos limiares e encontraram $p > 0,05$, ou seja, não significativo. Dessa maneira, os autores assumem que é precipitado assumir que o LiVFC serve para encontrar o limiar ventilatório nessa população em específico.

Em contrapartida, trinta adolescentes obesos e não-obesos realizaram um teste em esteira com velocidade inicial de 2 km/h com incremento de 0,5 km a cada minuto, sendo levados ao seu esforço máximo. Na ocasião, verificou-se que o LiVFC (foi considerado o primeiro valor onde $SD1 \leq 3$ ms) era semelhante ao valor do LV1 tanto para obesos e não - obesos ($p < 0,005$) (PASCHOAL e FONTANA, 2011).

Testes de caminhada foram realizados em adultos e idosos (homens e mulheres) com a orientação de caminhar por um corredor plano de 10m a velocidades progressivas estimuladas por sinais até a exaustão (incremental shuttle-walk test). Foi observada uma forte correlação entre o LiVFC ($SD1 \leq 1$ ms) com o LV1 ($r = 0,84$) quando comparados em seu momento de ocorrência através de percentuais do VO_2 pico (DOURADO e GUERRA, 2013).

Uma revisão sistemática utilizando as palavras-chave “*anaerobic threshold*”, “*autonomic nervous system*” e “*heart rate variability*” foi realizada a fim de investigar a concordância/ correlação entre o LiVFC (por meio dos índices $SD1$ e $RMSSD$) e o LV1 em diferentes populações. O estudo foi realizado nas maiores bases de dados científicos: Literatura Latino-Americana em Ciências da Saúde (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e PublicMedline (PubMed) com base nos artigos publicados desde 1998. A conclusão é que os estudos que comparam efetivamente a concordância entre o LiVFC e o LV1 são limitados e não possuem evidências significativas de validação. Porém, alguns estudos sinalizam a aplicabilidade em

algumas populações específicas: homens adultos saudáveis, pessoas com diabetes do tipo II, assim como para homens e mulheres com insuficiência cardíaca (GOMES e MOLINA, 2014).

Já VASCONCELLOS et al., (2015) investigaram o método de estimativa do LV1 através do LiVFC ($RMSSD \leq 3$ ms) em adolescentes obesos e eutróficos. Foi realizado um teste de esforço máximo em um ergômetro de membros inferiores com carga inicial de 25 w com aumento de 10 w a cada minuto. Concluiu – se que existe correlação entre os métodos, eutróficos ($p = 0,001$) e obesos ($p < 0,001$).

Em sequência temporal quanto a ordem dos estudos, MANKOWOSKI et al., (2016) realizaram testes na bicicleta ergométrica com jovens saudáveis moderadamente treinados. O protocolo foi composto por dois minutos na posição sentada em repouso, seguido de quatro minutos de ciclagem para aquecimento. A carga de trabalho foi aumentada de 1,8w/ 6 s para homens e 1,2w/ 6 s para mulheres e com velocidade de ciclagem entre 60-80 rpm. Por fim, foi constatado que os valores de LiVFC (através do índice RMSSD) e LV1 são reproduzíveis comparados em percentuais do VO_2 pico ($p < 0,05$).

Se contrapondo a essa reprodutibilidade encontrada anteriormente, foi realizado um outro estudo com jovens treinados. Os indivíduos foram orientados a realizar o esforço máximo no ergômetro para membros inferiores, a carga inicial foi de 50 w com incremento de 20 w a cada min., a ciclagem em oitenta rotações por minuto. O estudo não encontrou uma correlação ($r = 0,18$) entre o LV1 e o LiVFC ($SD1 \leq 1$ ms) (GRANNELL e VITO, 2017).

Na presente análise não foi encontrada concordância entre o LiVFC ($SD1 \leq 1$ ms, $SD1 \leq 3$ ms e $RMSSD \leq 1$ ms) e a ocorrência do LV1 para a população de amputados de MI. Essa ausência de aplicabilidade do método do LiVFC para a identificação do LV1 pode ser justificada e se apoia nos resultados de alguns estudos supracitados. Foi verificado que na mesma população em que alguns autores mostram concordância entre os métodos (BRUNETTO et al., 2005; PASCHOAL e FONTANA, 2011; DOURADO e GUERRA, 2013; VASCONCELLOS et al., 2015; MANKOWOSKI et al., 2016), existem outros artigos mostrando o contrário (LIMA e KISS, 1999; BRUNETTO et al., 2008; GRANNELL e VITO, 2017) apontando que não há consenso sobre a temática. Os trabalhos existentes não abrangem todas as populações, inclusive verificou-se a ausência de estudos investigando a concordância entre os métodos em amputados de MI. Por fim, a revisão sistemática de GOMES e

MOLINA (2014) realizada com trabalhos produzidos entre os anos de 1998 e 2014 aponta a limitação e a falta de evidências significativas para a validação do método, nos direcionando a necessidade de mais estudos investigativos quanto a possível concordância entre os métodos de avaliação cardiorrespiratória para amputados de MI

3.3 Trabalho (pôster) apresentado na XV Semana de Pesquisa e Extensão UNISUAM – 2018

LIMIAR DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR

Autores: Roberto Miranda Ramos Costa¹, Felipe Amorim² e Patrícia dos Santos Vigário²

Correio eletrônico: patriciavigario@yahoo.com.br

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM; ²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM

A detecção do limiar anaeróbio (LA) por meio da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é descrito em diversos grupos populacionais. Contudo, não se sabe se este método também é válido em indivíduos com lesão medular. Objetivo: Investigar a validade do método da VFC para a identificação do LA em indivíduos com lesão medular. Método: Estudo seccional com 13 indivíduos com LM. Todos serão submetidos a um teste de esforço cardiopulmonar máximo. Os intervalos RR serão registrados pelo eletrocardiograma e processados no software Kubius, com janelas de 30 segundos. Considerações finais: Espera-se que a análise da VFC seja um método válido para detectar o LA em lesados medulares, sendo uma alternativa mais acessível e prática que o teste de esforço cardiopulmonar.

Palavras-chave: lesão medular; limiar anaeróbio; frequência cardíaca.

3.4 Trabalho (pôster) apresentado no Fórum Científico da EsEFEx – 2018

CAPACIDADE ANAERÓBIA DE JOGADORES DE FUTEBOL COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Autores: Roberto M.R. Costa¹, Rômulo F. S. Pinto¹, Iuli C.S.S. Barros¹, Ana G.G. Pinto¹, Míriam R.M. Mainenti², Patrícia S. Vigário¹. e-mail: betomrcosta@hotmail.com

Instituições: ¹Centro Universitário Augusto Motta; ²Escola de Educação Física do Exército.

INTRODUÇÃO: O futebol de cinco (FUT-5) é um esporte praticado por pessoas com DV que promove o desenvolvimento da capacidade anaeróbia, em função dos estímulos intermitentes característicos. Ainda não se tem estabelecido, contudo, se jogadores com e sem DV apresentam desempenho semelhantes em esforços anaeróbios. **OBJETIVO:** Comparar a potência anaeróbia, a potência de membros inferiores e a velocidade máxima de jogadores de FUT-5 e jogadores de futsal sem DV (FUT-SD). **MÉTODOS:** Estudo seccional com 8 atletas de FUT5 (mediana=26 anos; mín=17; máx=30) e 15 atletas de FUT-SD (mediana=23 anos; mín=22; máx=33). A potência anaeróbia (w) foi avaliada pelo teste RAST, a potência de membros inferiores pelo teste de impulsão vertical (cm), e a velocidade máxima (s) pelo teste de 30 metros lançados. Os resultados foram expressos pela mediana e valores mínimo e máximo e a comparação dos grupos foi feita pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha=5\%$). **RESULTADOS:** Os jogadores de FUT-5 apresentaram desempenho inferior aos jogadores de FUT-SD nos três testes realizados: RAST potência total (FUT-5=1738 w; mín=1348; máx=2536 vs. FUT-SD=2283w; mín=1613; máx=3407 - $p<0,05$), impulsão vertical (FUT-5=40,5cm; mín=33; máx=49 vs. FUT-SD=46cm; mín=38; máx=62 - $p=0,02$) e velocidade máxima (FUT-5=3,9s; mín=3,5; máx=4,1 vs. FUT-SD=3,3s; mín=2,8; máx=3,9 - $p<0,05$). **CONCLUSÃO:** No presente estudo, a capacidade anaeróbia dos jogadores de futebol com DV foi inferior aos seus congêneres sem DV. A maior abordagem de estímulos que favoreçam o desenvolvimento da capacidade anaeróbia poderá ser útil para melhorar o desempenho na modalidade.

3.5 Trabalho (oral) apresentado no CELAFISCS – 2019 TEMA: Esporte e desempenho

PERFIL ESPIROMÉTRICO DE JOGADORES DE FUTEBOL EM CADEIRA DE RODAS

Roberto Miranda Ramos da Costa – Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

Fernanda Batista Ferreira – Casa Hunter.

Cristina Márcia Dias – Curso de Fisioterapia; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

Agnaldo José Lopes – Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

Patrícia dos Santos Vigário – Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

O *Power Soccer* é o primeiro esporte em equipe para pessoas com deficiência, praticado em cadeira de rodas motorizada. Dentre os praticantes elegíveis, incluem-se indivíduos com Distrofia Muscular de Duchenne (DMD), Paralisia Cerebral (PC) e Atrofia Muscular Espinhal (AME). Doenças neuromusculares estão frequentemente associadas à fraqueza dos músculos respiratórios e, dessa forma, a avaliação e a terapia respiratória estão preconizadas nesta população. **OBJETIVO:** Investigar a função respiratória de jogadores de PS. **MÉTODOS:** Estudo transversal com 12 jogadores de *power soccer* (idades entre 12 e 57 anos). A função respiratória foi avaliada por meio de um espirômetro (PDS Instrumentation Inc., Louisville, CO, EUA), considerando-se as seguintes variáveis, avaliadas como valores absolutos e % do predito: Capacidade Vital Forçada (CVF), Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF_1), além da Relação VEF_1/CVF (%). Os participantes foram orientados a efetuar uma inspiração profunda seguida por uma expiração rápida e forçada. Os resultados foram expressos como mediana e valores mínimo e máximo, de todo o grupo e por subgrupo de deficiência. **RESULTADOS:** Constatou-se que os participantes do estudo apresentaram a CVF e o VEF_1 obtidos inferiores aos valores preditos, tanto quando analisados como um todo, tanto quando analisados por subgrupo de deficiência. A relação VEF_1/CVF , contudo, mostrou-se com valores dentro do padrão normal (ou seja, superior a 80%, segundo a *American Thoracic Society*). O conjunto desses achados caracteriza os participantes como tendo perfil ventilatório restritivo. Os resultados estão apresentados na Tabela 1. **CONCLUSÃO:** Os jogadores de *power soccer* avaliados apresentaram perfil ventilatório restritivo,

relacionado às características das deficiências que apresentam. Considerando os efeitos benéficos da prática esportiva nessa população em diversos órgãos e sistemas, é importante o acompanhamento da função respiratória de forma a instituir os cuidados ventilatórios necessários para não interrupção do esporte.

Tabela 1 – Variáveis espirométricas de jogadores de *Power Soccer*, de acordo com o tipo de deficiência.

	Distrofia muscular de Duchenne (n=06)	Atrofia Muscular Espinhal (n=04)	Paralisia Cerebral (n=02)	Todo o grupo (n=12)
Idade (anos)	33 (12; 38)	32 (28; 57)	29 (24; 36)	32 (12; 57)
MCT (kg)	59,7 (53,3; 89,9)	57,6 (42,9; 67,2)	51,15 (44,7; 57,6)	57,6 (41,7; 89,9)
CVF (L)	3,73 (1,91; 4,17)	3,69 (3,21; 4,58)	3,68 (3,67; 3,69)	3,69 (1,91; 4,58)
CVF (%)	2,67 (1,33; 3,05)	2,29 (2,03; 3,17)	2,51 (1,81; 3,21)	2,29 (1,05; 3,51)
VEF₁ (L)	3,39 (1,77; 3,76)	3,38 (2,76; 3,72)	3,25 (3,13; 3,38)	3,38 (1,77; 3,76)
VEF₁ (%)	2,28 (0,91; 3,09)	1,97 (1,51; 3,05)	2,27 (1,44; 3,1)	1,97 (0,91; 3,1)
VEF₁/CVF (%)	87 (84; 104)	88 (71; 123)	90,5 (79; 102)	88 (71; 123)

* Calculado de acordo com a fórmula proposta por Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. J Bras Pneumol. 2007;33(4):397-406.

3.6 Trabalho (pôster) apresentado na XVI Semana de Pesquisa e Extensão UNISUAM – 2019

RESISTÊNCIA ABDOMINAL E FLEXIBILIDADE DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM SÍNDROME DE DOWN

Autores: Greice Sousa da Silva¹, Alessandro Pereira dos Santos¹, Lucas de Sousa Barbosa¹, Roberto Miranda Ramos da Costa², e Patrícia Vigário³.

Correio eletrônico: patriciavigario@yahoo.com.br

¹ Alunos do Programa de Iniciação Científica do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

² Mestrando em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

³ Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM. Agência financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Eixo temático: Reabilitação e saúde

INTRODUÇÃO: A Síndrome de Down (SD) está associada a manifestações clínicas que impactam o crescimento e o desenvolvimento. **OBJETIVO:** Investigar a resistência abdominal e a flexibilidade de crianças e adolescentes com SD. **MÉTODOS:** Estudo seccional com 10 participantes. Resistência abdominal e flexibilidade: aplicação da bateria PROESP-Brasil. **RESULTADOS:** Todos os participantes foram classificados “na zona de risco à saúde” no teste de resistência abdominal, porém no teste de sentar e alcançar somente 10% não foi classificado na “zona saudável”. **CONCLUSÃO:** Os participantes apresentaram desempenho abaixo do previsto no teste de resistência abdominal, diferente do ocorrido na flexibilidade, uma vez que a frouxidão ligamentar é uma característica dessa população. Sugerimos que a prática de exercícios físicos seja incorporada de forma minimizar as alterações funcionais.

Palavras-chave: deficiência; flexibilidade; resistência abdominal.

3.7 Trabalho (pôster) apresentado na XVI Semana de Pesquisa e Extensão UNISUAM – 2019

CONTROLE AUTONÔMICO CARDÍACO EM INDIVÍDUOS COM AMPUTAÇÃO DE MEMBROS INFERIORES

Autores: Roberto Miranda Ramos da Costa¹, Felipe Amorim² e Patrícia Vigário³.

Correio eletrônico: patriciavigario@yahoo.com.br

¹ Mestrando em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

² Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

³ Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM. Agência financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Eixo temático: Reabilitação e saúde

O impacto da amputação no controle autonômico cardíaco é pouco explorado na literatura. **Objetivo:** Investigar se métodos utilizados para identificar o limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) são reproduzíveis em amputados. **Método:** Sete amputados realizaram um teste de esforço, com registro dos intervalos RR pelo eletrocardiograma. Identificação do LiVFC por 3 métodos: desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento ($SD1 \leq 3$ ms, $SD1 \leq 1$ ms e raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes ($RMSSD \leq 1$ ms). **Resultados:** O LiVFC foi identificado no mesmo momento em seis indivíduos por $SD1 \leq 1$ ms e $RMSSD \leq 1$ ms. Por $RMSSD \leq 1$ ms o LiVFC foi identificado em 2 indivíduos. **Conclusões:** Os métodos parecem ser reproduzíveis em amputados de membros inferiores.

Palavras-chave: reabilitação; sistema nervoso autônomo; amputação.

Capítulo 4 Conclusão

Retomando aos objetivos do estudo, podemos concluir que Indivíduos com amputação unilateral de membro inferior apresentam menor aptidão cardiorrespiratória em diferentes intensidades de esforço quando comparados com indivíduos sem amputação, constata-se essa tendo como referência os valores de $VO_{2\text{pico}}$, LV1 e POC. Além disso, os métodos para a identificação do LiVFC por meio dos índices de VFC (RMSSD e SD1) e do LV1 não apresentaram concordância entre si.

A realização da presente dissertação de mestrado abre perspectivas no que diz respeito a realização de estudos que associem desfechos cardiovasculares e respiratórios e indivíduos com amputação de membro inferior. Dentro dessas perspectivas podemos destacar: (i) realização de estudos com a população de mulheres; (ii) utilização de outros ergômetros, como esteira e bicicleta, ou ainda, testes de campo; (iii) explorar a relação dos desfechos cardiorrespiratórios com a composição corporal; (iv) avaliação o efeito de programas de treinamento físico; (v) utilização de outras variáveis do TCPE (por exemplo, VO_2 e FC) para verificar se existe concordância entre o LV1 e o LiVFC; (vi) investigação do controle autonômico cardíaco em repouso, exercício e recuperação pós-esforço, entre outros.

Embora este estudo tenha limitações, como o pequeno tamanho amostral, ele traz contribuições relevantes para a área das ciências da reabilitação pois sinaliza que a população de amputados de membro inferior deve ser alvo de intervenções que visem a melhora da aptidão cardiorrespiratória. Essa ressalva se fundamenta no fato que uma baixa aptidão cardiorrespiratória está associada a um maior risco de morte cardiovascular e por todas as causas.

No cenário de possíveis intervenções, o exercício físico indiscutivelmente é uma estratégia que se mostra efetiva em diferentes populações, incluindo indivíduos saudáveis e com doenças. Contudo, o exercício se torna ainda mais efetivo quando prescrito dentro das características e demandas individuais, e variáveis cardiorrespiratórias como o $VO_{2\text{máx}}$, FC, LV1 e POC podem ser úteis para a prescrição.

Reconhecendo que o TCPE não é uma realidade para toda a população em função, entre outros, do alto custo e da dificuldade de acesso, a utilização de métodos mais acessíveis como a análise de índices da VFC torna-se uma prioridade. Assim, a

continuidade desse estudo ou a realização de outros que levem a conclusões mais consistentes a respeito da relação entre o LV1 e o LiVFC são desejáveis. Uma vez esta relação sendo melhor esclarecida, o método da VFC, particularmente o LiVFC, poderá ser utilizado como parâmetro para a prescrição e monitoramento do treinamento físico, sendo de mais fácil acesso e menor custo.

Referências

ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. **8th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins**, 2009.

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Measuring agreement in method comparison Studies. **Stat Methods Med Res.**, v. 8, p. 135-160, 1999.

BIERING-SØRENSEN, T.; LIU, N.; MALMQVIST, L.; WECHT, J.M.; KRASSIOUKOV, A. Alterations in cardiac autonomic control in spinal cord injury. **Auton Neurosci.**, n. 209, p. 4-18, 2018.

BORG, G. Escalas de Borg para a Dor e o Esforço Percebido. São Paulo: **Manole**; 2000.

BRAGARU, M.; DEKKER, R.; GEERTZEN, J.H.B.; DIJKSTRA, P.U. Amputees and Sports: A Systematic Review. **Sports Med**, v. 41, n. 9, p. 721-740, 2011.

BRUNETTO, A.F.; ROSEGUINI, B.T.; SILVA, B.M.; HIRAI, D.M.; RONQUE, E.V.; GUEDES, D.P. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 2, p. 145-149, 2008.

BUSSMANN, J.B.; HANNELORE, J.S.; HENK, J.S. Daily Physical Activity and Heart Rate Response in People With a Unilateral Traumatic Transtibial Amputation. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 89, n. 3, p. 430-434, 2008.

CAMPO, D.J.R.; JACOBO, A.; RUBIO, ARIAS, J.A.R; GANDÍA, V.A.; PAGÁN, C.M.; LUQUE, A.; ALCARAZ, P.A. Heart rate variability to assess ventilatory thresholds in professional basketball players. **J Sport Health Sci.**, v. 6, n. 4, p. 468-473, 2017.

CACHADIÑA, E.S.; GARCÍA, P.G.; LUZ, T.; ESTEBAN, R.G.; PÉREZ, O.B.; ORELLANA, J.N.; ROSA, B. Heart rate variability and phantom pain in male amputees: Application of linear and nonlinear methods. **J Rehabil Res Dev.**, v. 50, n. 3, p. 449-454, 2013.

COTTIN, F.; MÉDIGUE, C.; LOPES, P.; R. HEUBERT.; BILLAT, V. Ventilatory Thresholds Assessment from Heart Rate Variability during an Incremental Exhaustive Running Test. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 4, p. 287–294, 2007.

CRISAFULLI, A.; TOCCO, F.; PITTAU, G.; CARIA, M.; LORRAI, L. MELIS, F.; CONCU, A. Detection of lactate threshold by including haemodynamic and oxygen extraction data. **Physiol. Meas.** v. 27, n. 1, p. 85–97, 2006.

CROSS AM, DAVIS C, PENN-BARWELL J, TAYLOR DM, DE MELLO WF, MATHEUS JJ. The incidence of pelvic fractures with traumatic lower limb amputation in modern warfare due to improvised explosive devices. **J R Nav Med Serv.** V. 100, n.2, p. 152-6, 2014.

CUNHA, F.A.; CATALAO, R.P.; MIDGLEY, A.W.; FARINATI, P.T. Influência da modalidade do exercício na troca gasosa e nos limites da variabilidade da frequência cardíaca. **Int J Sports Med.** v. 31, p. 319-326, 2010.

CZERNIECKI JM, MORGENROTH DC. Metabolic energy expenditure of ambulation in lower extremity amputees: what have we learned and what are the next steps. **Disabil Rehabil.** v. 39, n.2, p.143-151, 2017.

CUNHA, F.A.; MONTENEGRO, R.A.; MIDGLEY, A.W.; VASCONCELLOS, F.; SOARES, P.P.; FARINATTI, P. Influence of exercise modality on agreement between gas exchange and heart rate variability thresholds. **Braz J Med Biol Res.**, v. 47, n.8, p. 706-714, 2014.

CYGANKIEWICZ, I.; ZAREBA, W. Heart rate variability. **Handbook of Clinical Neurology.** v. 117, p. 379–393, 2013.

DOURADO, V.Z; GUERRA, R.L.F. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Braz J Med Biol Res**, v. 46, n. 2, p. 194-199, 2013.

FERRAZ, Francisco César Alves. As Guerras Mundiais e seus veteranos: uma abordagem comparativa. **Rev. Bras. Hist.**, São Paulo. v. 28, n. 56, p. 463-486, 2008.

FORTE, L.D.M.; MANCHADO-GOBATTO, F.B.; RODRIGUES, R.C.M.; GALLANI, M.C.G.; GOBATTO, C.A. Non-exhaustive double effort test is reliable and estimates the first ventilatory threshold intensity in running exercise. **Journal of Sport and Health Science**, v. 7, n. 2, p. 197-203, 2015.

FREITAS, J.P. Características antropométricas, composição corporal e desempenho esportivo em atletas de Rugby em cadeiras de rodas. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação). **Centro Universitário Augusto Motta**, 2015.

FRONCHETTI, L.; NAKAMURA, F.Y.; AGUIAR, C.A.; OLIVEIRA, F.R. Regulação autonômica em repouso e durante exercício progressivo: aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Port Cien Desp.**, v. 6, n. 1, p. 21-8, 2006.

GASKILL, S.E.; RUBY, B.C.; WALKER, A.J.; SANCHEZ, O.A.; SERFASS, R.C.; LEON, A.S. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 33, n. 11, p. 1841-1848, 2001.

GRANNELL, A; VITO, G. An investigation into the relationship between heart rate variability and the ventilatory threshold in healthy moderately trained males. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 38, n. 3, p. 455-461, 2017.

HASSAN AL IMAM M, ALAMGIR H, JAHAN AKHTAR N, HOSSAIN Z, ISLAM R, SOHRAB HOSSAIN M. Characterisation of persons with lower limb amputation who attended a tertiary rehabilitation centre in Bangladesh. **Disabil Rehabil.** v. 29, p.1-7, 2019.

HEDELIN R, WIKLUND U, BJERLE P, HENRIKSSON-LARSÉN K. Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. **Med Sci Sports Exerc.** v.32, n.9, p.1531-3, 2000.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **Int J Sports Med.**, v.6, p.117-30, 1985.

Teste Cardiopulmonar de Exercício: Fundamentos, Aplicabilidade e Interpretação. **Arq Bras Cardiol.** v.107; n.5; p.467-48; 2016.

HERDY H.D.; FONTELES L.E.; STEIN R.; ARAÚJO C.G.S.; MILANI M.; MENEGHELO R.S.; FERRAZ A.S. Teste Cardiopulmonar de Exercício: Fundamentos, Aplicabilidade e Interpretação. **Arq Bras Cardiol.** v.107; n.5; p.467-48; 2016.

IBGE. Censo demográfico 2010: Características Gerais da População, Religião e Pessoas com Deficiência. Rio de Janeiro, 2012.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saúde 2013: ciclos da vida: Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro: IBGE, 2015b.

KAPTEIN, S.; GEERTZEN, J.A.N.; DIJKSTRA, P.U. Association between cardiovascular diseases and mobility in persons with lower limb amputation: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*, v. 40, n. 8, p. 883–888, 2017.

LEITE, J.O.; COSTA, L.O.; FONSECA, W.M.; SOUZA, D.U.; GONCALVES, B.C.; GOMES, G.B.; CRUZ, L.A.; NISTER, N.J.; NAVARRO, T.P.; BATH, J.; DARDIK, A. **General outcomes and risk factors for minor and major amputations in Brazil.** *Vascular*, v. 26, n. 3, p. 291–300, 2017.

LIMA, J.R.P.; KISS, M.A.P. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Bras Ativ Fis Saúde*, v.4, n.1, p.29-38, 1999.

MACEDO, Paula Costa Mosca. Deficiência física congênita e Saúde Mental. *Rev. SBPH*. v. 11, n. 2, p. 127-139, 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Diretrizes de atenção à pessoa amputada / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, **Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. 1. ed. 1. reimp.** – Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

MODAN, M.; PELES, E.; HALKIN, H.; NITZAN, H.; AZARIA, M.; GITEL, S.; DOLFIN, D.; MODAN, B. Increased cardiovascular disease mortality rates in traumatic lower limb amputees. *Am J Cardiol*, v. 82, n. 10, p. 1242–1247, 1998.

MOXEY PW, HINCHLIFFE RJ, HOLT PJ. **Diabetes and amputation: don't forget outcomes.** V. 55, n.9, p.2546, 2012.

MUNDELL, B.F.; LUETMER, M.T.; KREMERS, H.M.; VISSCHER, S.; HOPPE, K.M.; KAUFMAN, K.R. The risk of major cardiovascular events for adults with transfemoral amputation. *J Neuroeng Rehabil.*, v. 5, n.15 (S.1), 2018.

NASCHITZ, J.E.; LENGGER, R. Why traumatic leg amputees are at increased risk for cardiovascular diseases. *Q J Med*, v. 101, n. 4, p. 251–259, 2008.

NOVELLI, F.I; ARAÚJO J.A, TOLAZZI, G.J.; TRICOT G.K.; ARSA.G. Reproducibility of Heart Rate Variability Threshold in Untrained Individuals. *Int J Sports Med.*, v. 40, n. 2, p. 95-99, 2019.

NOGUEIRA e CAVALHEIRO. Perfil das pessoas com deficiência física e Políticas Públicas: a distância entre intenções e gestos. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro , v. 21, n. 10, p. 3131-3142, Oct. 2016

PASCHOA, D.C.; COUTINHO J.F.S.; ALMEIDA, M.B. Analysis of Heart Rate Variability in Strength Testing. **Rev da SOCERJ**, v. 19, n. 5, p. 385-390, 2006.

PASCHOAL, M.A.; FONTANA, C.C. Method of heart rate variability threshold applied in obese and non-obese pre-adolescents. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 96, n. 6, p. 450-456, 2011.

PELES, E.; AKSELROD, S.; GOLDSTEIN, D.S.; NITZAN, H.; AZARIA, M.; ALMOG, S.; DOLPHIN, D.; HALKIN, H.; MODAN, M. Insulin resistance and autonomic function in traumatic lower limb amputees. **Clinical Autonomic Research**, v. 5, p. 279-288, 1995.

PLATO, P.A.; MCNULTY, M.; CRUNK, S.M.; TUG ERGUN, A. Predicting lactate threshold using ventilatory threshold. **Int J Sports Med.**, v. 29, n. 9, p. 732-737, 2008.

PEIXOTO, A.M.; ZIMPEL, S.A.; OLIVEIRA, A.C.A.; MONTEIRO, R.L.; CARNEIRO, T.K.GOMES. Prevalência de amputações de membros superiores e inferiores no estado de Alagoas atendidos pelo SUS entre 2008 e 2015. **Fisioter. Pesqui.**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 378-384, 2017.

RICARDO, D.R., et al. Transients: influence of gender, aerobic initial and final exercise heart rate fitness, and clinical status. **Chest, United States**, v. 127, n.1, p. 318-327, 2005.

SALES, M.M.; SOUSA, C.V.; SILVA AGUIAR S.; KNECHTLE, B.; NIKOLAIDIS, P.T.; ALVES, P.M.; SIMÕES, H.G. An integrative perspective of the anaerobic threshold. **Physiol Behav.** v. 1, n. 205, p. 29-32, 2019.

SILVA AC.; TORRES FC. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. **Rev Bras Med Esporte.** V. 8, n 3; 2002

SHAFFER, F.; GINSBERG, J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. **Front Public Health.** v. 5, p. 1-17, 2017.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B.R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Can J Appl Physiol.** v. 28, n. 2, p. 299-323, 2003.

Task Force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology, Heart rate variability-standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **European Heart Journal**, England, v. 93, n. 5, p.1043-1065, oct. 1996.

TARALOV, Z.Z.; TERZIYSKI, K.V.; KOSTIANEV, S.S. Heart Rate Variability as a Method for Assessment of the Autonomic Nervous System and the Adaptations to Different Physiological and Pathological Conditions. **Folia Med (Plovdiv)**, v. 57, n.3-4, p. 173-80, 2015.

TOKIN MA; BURKE FD; VARIAN JP. The proximal interphalangeal joint in Dupuytren's disease. **J Hand Surg Br.** v. 10, n.3, p.358-64, 1985

TULPPO, M.P.; MÄKIKALLIO, T.H.; TAKALA, T.E.S.; SEPPÄNEN, T.; HUIKURI, H.V. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **Am J Physiol**; 271: H244-52, 1996.

TULPPO, M.P.; MÄKIKALLIO, T.H.; SEPPÄNEN, T.; LAUKKANEN, R.T.; HUIKURI, H.V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **Am J Physiol**, v. 274, n. 2, p. H424-9, 1998.

TSUJI H, VENDITTI FJ JR, MANDERS ES, EVANS JC, LARSON MG, FELDMAN CL, LEVY D.
Determinants of heart rate variability. **J Am Coll Cardiol.** v. 28, n.6, p.1539-46.1996.

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

VASCONCELLOS, F.V.; SEABRA, A.; CUNHA, F.A.; MONTENEGRO, R.A.; BOUSKELA, E.; FARINATTI, P. Heart rate variability assessment with fingertip photoplethysmography and polar RS800cx as compared with electrocardiography in obese adolescents. **Blood Press Monit.**, v. 20, n. 6, p. 351-60, 2015.

RODRIGUES, J.A.L.; FERRARI, G.D.; FERNANDES, I.A.; FERREZIN, L.P.; TRAPÉ, Á.A.; BUENO, J.C. Caracterização da variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos com síndrome metabólica. **Rev Bras Med Esporte**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 208-212, 2017.

SHROUT, P.E., FLEISS, J.L. Intraclass Correlations: Uses in Assessing Rater Reliability. **Psychol. Bull.** v. 86, p. 420–428, 1979.

SILVA, A.C.; TORRES, F.C. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. **Rev Bras Med Esporte** v. 8, n. 3, 2002.

SILVA, CALIL, A.; DIAS; CABRAL, R.M.; FILHO, B.; MAURÍCIO; LIMA; DAMASCENO R.J; OLIVEIRA V; MIRANDA; HUMBERTO; NOVAES; SILVA J.; & ROBERTSON, ROBERT J. Escalas de Borg e OMNI na prescrição de exercício em cicloergômetro. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v.13, n. 2, p.117-123, 2011.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M.B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism. **Am J Cardiol.**, v.14, n. 6, p. 844-52, 1964.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYL, S.N.; W.L.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Jounal of Appl Physiol.**, v. 35, n. 2, p. 236-43, 1973.

WEIR, J.P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the sem. **J. Strength Cond. Res.**, v. 19, p. 231–240, 2005.

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

Yazbek P.; Carvalho R.T.; Sabbag L.M.S.; Battistella L.R.S. Teste de Esforço Cardiopulmonar, Metodologia e Interpretação. **Arq Bras Cardiol**; v. 71; n 5; 1998.

ZDRAVKO, Z.T.; KIRIL, V.T.; STEFAN, S.K. Heart rate variability as a method for assessment of the autonomic nervous system and the adaptations to different physiological and pathological conditions. **Department of Pathophysiology**, n. 57 v. 3/4, p.173-180, 2015.

Apêndice 1 – Parecer consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Benefícios da prática esportiva na capacidade cardiopulmonar e composição corporal de pessoas com deficiência

Pesquisador: Patrícia dos santos Vigário

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 17891113.1.0000.5235

Instituição Proponente: Centro Universitário Augusto Motta/ UNISUAM

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 300.831

Data da Relatoria: 11/06/2013

Apresentação do Projeto:

O projeto está descrito de forma clara e objetiva, apresentado todos os itens que justificam sua execução.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo está descrito de forma clara sendo perfeitamente exequível.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Realizada descrição de riscos e benefícios de forma esclarecedora.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa apresenta todos os requisitos necessários para sua realização e cumpre as exigências necessárias para execução de todas as etapas previstas. A justificativa consegue fornecer as bases necessárias para o início do projeto proposto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados e cumprem as exigências estabelecidas.

Recomendações:

Nenhuma recomendação específica.

Endereço: Praça das Nações nº 34
Bairro: Bonsucesso **CEP:** 21.041-010
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3868-5063 **Fax:** (21)3882-9797 **E-mail:** comitedeetica@unisuum.edu.br

Apêndice 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM
Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação
PROJETO: Benefícios da prática esportiva na capacidade cardiopulmonar e na
composição corporal de pessoas com deficiência

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Este documento lhe dará informações e pedirá o seu consentimento para participar voluntariamente de uma pesquisa desenvolvida pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM. Pedimos que leia com atenção as informações a seguir antes de dar seu consentimento.

A prática de exercício físico entre pessoas com deficiência física é de suma importância para amenizar as consequências negativas relativas à saúde, melhorar a auto-estima, além de proporcionar uma maior inserção social.

A presente pesquisa tem como principal objetivo avaliar os benefícios da prática esportiva na capacidade cardiopulmonar (funcionamento integrado dos músculos, o coração e os pulmões) e na composição corporal (gordura e músculos) de pessoas com deficiência. A coleta das informações necessárias para essa pesquisa ocorrerá nas dependências da UNISUAM e será sempre realizada por um dos pesquisadores envolvidos na pesquisa.

Inicialmente, você preencherá um questionário que conterá perguntas gerais (por exemplo, sua idade, se você fuma, entre outras), perguntas sobre a sua deficiência (qual o tipo e tempo de lesão, se você sente dor) e perguntas sobre a sua rotina exercícios (se você pratica algum esporte, quando você começou, quantas vezes você pratica por semana).

Num segundo momento, serão feitas as medidas da sua composição corporal, ou seja, do seu peso, da sua altura e da quantidade de gordura em alguns pontos do corpo. Todas as medidas serão feitas de forma não-invasiva.

O funcionamento do coração, dos músculos e dos pulmões durante o esforço físico (exercício) será avaliado através de um teste cardiopulmonar de esforço, que consiste em caminhar em uma esteira ergométrica ou pedalar em uma bicicleta ergométrica ou ainda movimentar os braços em uma bicicleta para os braços, com o aumento progressivo do esforço. Os batimentos cardíacos serão captados por eletrodos colados no peito (material semelhante a uma fita adesiva) e a respiração será captada por um bocal (equipamento de borracha colocado na boca). Também será colocado um clipe no nariz, fazendo com que a respiração seja feita somente pela boca durante todo o teste. Durante o teste, é normal sentir o ressecamento da boca e cansaço nas pernas. Podem ocorrer alterações dos batimentos cardíacos (palpitações), aumento da pressão arterial e dores no peito. Nesses casos, o médico

suspenderá imediatamente a realização do teste e prestará os cuidados emergenciais necessários. Esse teste será realizado com supervisão de um médico cardiologista e com duração prevista de 15 minutos.

A sua participação no estudo trará como benefício o conhecimento de como está o funcionamento do coração, dos pulmões e dos músculos durante o esforço físico, além da quantidade de gordura corporal. Caso sejam identificadas alterações significativas em quaisquer avaliações realizadas, você será instruído a buscar orientação médica especializada.

Esclarecemos que não haverá qualquer risco físico, psíquico ou moral decorrente de sua participação na pesquisa, seja por quaisquer medidas realizadas. Também ressaltamos que não haverá remuneração ou recompensa de qualquer espécie para a sua participação na pesquisa. Você terá o direito de pedir outros esclarecimentos sobre a pesquisa e poderá se recusar a participar ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem que isso lhe traga qualquer tipo prejuízo.

As informações que serão coletadas, bem como os resultados da pesquisa serão apresentadas em eventos científicos da área e divulgadas em revistas científicas especializadas. Garantimos que o anonimato de todos os participantes será resguardado.

Quaisquer dúvidas sobre a pesquisa poderão ser sanadas com a pesquisadora responsável: Patrícia Vigário, professora do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação – UNISUAM; Telefone: (21) 9813-1707. E-mail: patriciavigario@yahoo.com.br

Caso você tenha alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UNISUAM. Praça das Nações, 34. Telefone: (21) 3868-5063. E-mail: comitedeetica@unisuam.edu.br

Declaro estar ciente das informações deste termo de consentimento livre e esclarecido e concordo em participar desta pesquisa.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 20____.

Nome do Participante: _____

Assinatura do Participante: _____

Nome do Coordenador da Pesquisa: _____

Assinatura do Coordenador da Pesquisa: _____

Apêndice 3 – Comprovante de submissão do manuscrito

Portal Rede Metodista
do Sul de Periódicos Científicos e Acadêmicos

Reabilitação e Saúde

CIÊNCIA EM MOVIMENTO

CAPA SOBRE PÁGINA DO USUÁRIO PESQUISA ATUAL ANTERIORES

Capa > Usuário > Autor > Submissões > Submissões ativas

Submissões ativas

Submissão concluída. Agradecemos seu interesse em contribuir com seu trabalho para a revista Ciência em Movimento.

- [Submissões ativas](#)

OPEN JOURNAL SYSTEMS

[Ajuda do sistema](#)

USUÁRIO
Logado como:
beta1515

- [Meus periódicos](#)
- [Perfil](#)
- [Sair do sistema](#)

IDIOMA
Selecione o idioma
Português (Brasil)

CONTEÚDO DA REVISTA

Pesquisa

Escopo da Busca
Todos

Procurar

- [Por Edição](#)
- [Por Autor](#)
- [Por Título](#)
- [Outras revistas](#)

Ativar o Windows
TAMANHO DE FONTE
Acessar Configurações para ativar o Windows.

Portal Rede Metodista
do Sul de Periódicos Científicos e Acadêmicos

Reabilitação e Saúde

CIÊNCIA EM MOVIMENTO

CAPA SOBRE PÁGINA DO USUÁRIO PESQUISA ATUAL ANTERIORES

Capa > Usuário > Autor > **Submissões Ativas**

Submissões Ativas

ATIVOS ARQUIVO

ID	MM-DD	ENVIADO	SECÇÃO	AUTORES	TÍTULO	SITUAÇÃO
1000	01-09	ART		Ramos Costa, de Castro, dos Santos,...	APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE INDIVÍDUOS COM AMPUTAÇÃO...	Aguardando designação

1 a 1 de 1 itens

Iniciar nova submissão

[CLIQUE AQUI](#) para iniciar os cinco passos do processo de submissão.

OPEN JOURNAL SYSTEMS

[Ajuda do sistema](#)

USUÁRIO
Logado como:
beta1515

- [Meus periódicos](#)
- [Perfil](#)
- [Sair do sistema](#)

AUTOR
Submissões

- [Ativo \(1\)](#)
- [Arquivado \(0\)](#)
- [Nova submissão](#)

IDIOMA
Selecione o idioma
Português (Brasil)

CONTEÚDO DA REVISTA

Pesquisa

Escopo da Busca
Todos

Ativar o Windows
TAMANHO DE FONTE
Acessar Configurações para ativar o Windows.

Anexo 1 – Questionário relativo à variáveis demográficas, deficiência e prática esportiva

Questionário de caracterização do treinamento desportivo – Paradesporto

Data da avaliação: ____/____/____ Horário da avaliação:

Preenchido por: _____

Nome: _____

Modalidade esportiva: _____ Posição:

Classificação funcional na sua modalidade esportiva: _____

Data da lesão:

Tipo de lesão:

Causa da lesão:

Praticava algum esporte antes da deficiência física?

() Não () Sim

Qual (is)? _____ Posição:

Durante quanto tempo? _____

Parou há quanto tempo?

Sua atual modalidade esportiva

Tempo de prática (anos): _____

Frequência de treino (total = físico + técnico-tático)/semana: _____

Duração dos treinos (horas/minutos):

Frequência de treino/ semana (físico): _____

Duração dos treinos (horas/minutos):

Frequência de treino/ semana (técnico-tático):

Duração dos treinos (horas/minutos):

Você disputa competições a nível: () Regional () Nacional ()
Internacional

Qual foi a última competição que você participou? _____

Mês/ ano:

Ganhou alguma competição? () Não () Sim Qual? _____

Melhor resultado ao longo da carreira: _____

Qual foi a competição mais importante que você participou?

Você pratica outra modalidade esportiva (ou exercício físico), além da sua atual?

() Não () Sim

Modalidade 1: _____

Há quanto tempo? _____

Frequência de treinamento: _____/semana. _____ horas/ semana

Modalidade 2: _____

Há quanto tempo? _____

Frequência de treinamento: _____/semana. _____ horas/ semana

Após a sua lesão, você praticava outra modalidade esportiva adaptada antes da sua atual modalidade?

() Não () Sim Qual? _____

Praticou durante quanto tempo? _____

Parou de praticar há quanto tempo? _____

Participou de competições? _____

Qual foi a sua melhor colocação? _____