

Universidade Federal de Juiz De Fora
Programa de Pós-Graduação em Educação Física
Mestrado em Educação Física – Área de Concentração Movimento Humano

Marília Mendes do Nascimento Garcia

**CONSUMO DE OXIGÊNIO DE AMPUTADOS TRAUMÁTICOS TRANSTIBIAIS NO
REPOUSO E EXERCÍCIO**

Juiz de Fora
2013

Marília Mendes do Nascimento Garcia

CONSUMO DE OXIGÊNIO DE AMPUTADOS TRAUMÁTICOS TRANSTIBIAIS NO
REPOUSO E EXERCÍCIO

Dissertação de mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Educação Física, área de
concentração: Movimento Humano, da
Universidade Federal de Juiz de Fora,
como pré-requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima

Juiz de Fora
2013

Mendes do Nascimento Garcia, Marília.
Consumo de oxigênio de amputados traumáticos transtibiais
no repouso e exercício / Marília Mendes do Nascimento Garcia. --
2013.
89 p. : il.

Orientador: Jorge Roberto Perroux de Lima
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Juiz de Fora, Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de
Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2013.

1. Amputados. 2. Consumo de oxigênio. 3. Frequência
cardíaca. 4. Marcha. 5. Pressão arterial. I. Roberto Perroux
de Lima, Jorge, orient. II. Título.

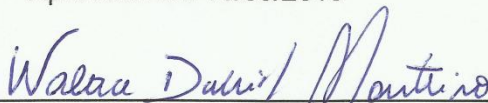
**CONSUMO DE OXIGÊNIO DE AMPUTADOS TRAUMÁTICOS TRANSTIBIAIS
NO REPOUSO E EXERCÍCIO**

Marília Mendes do Nascimento Garcia

ORIENTADOR: Jorge Roberto Perrout de Lima

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

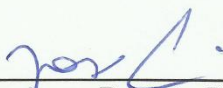
Aprovada em 15/05/2013



Prof. Dr. Walace David Monteiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro



Profa. Dra. Lilian Pinto da Silva
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima
Universidade Federal de Juiz de Fora

DEDICATÓRIA

À todos que me incentivaram, torceram por mim e, em especial, àqueles que me ajudaram nessa conquista e estiveram sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS:

À Deus, que sempre me iluminou e ilumina meus caminhos.

Aos meus pais e minha irmã, que sempre torceram por mim e me incentivaram nessa conquista.

Ao meu esposo Laerth Júnior, a pessoa que mais esteve comigo durante todo o mestrado, me entendendo, ajudando, incentivando e apoiando em todas as decisões. Sem o seu carinho, amor e compreensão, não conseguiria chegar até o fim, obrigada por tudo!

Ao professor Jorge Roberto Perrou de Lima, que acreditou em mim desde minha monografia, me deu oportunidade de ser aluna especial do mestrado e me orientou nessa etapa de minha vida acadêmica. Obrigada pelo profissionalismo, humildade, simplicidade e alegria em ensinar. Obrigada pela confiança, ensinamentos e dedicação. Sou muito grata a você!

À Jussara Regina, grande amiga, companheira do mestrado e de grupo de estudos, que sempre me ajudou e incentivou. Obrigada pela amizade e por tudo!

À Maria Carolina, Mariana Novais e Tatiane Rodrigues, às melhores bolsistas que eu poderia ter. Obrigada pela ajuda no momento em que eu mais precisei, pelo incentivo e amizade de sempre. Vocês foram importantes para a conclusão desse trabalho. Sou muito grata a vocês.

Ao professor Mateus Laterza, pelos ensinamentos e contribuições nesse estudo.

À Marcela Regina, Diana Andrade e Marcelle Ribeiro, que, de alguma forma, me ajudaram nessa etapa.

Aos familiares e amigos que, mesmo de longe, sempre me incentivaram, apoiaram e torceram por mim.

Aos amigos e companheiros do mestrado e da FAEFID, que torceram por mim.

Aos professores da Fisioterapia, em especial, ao Eduardo Danza e Helton Magalhães, por permitir que eu participasse de projetos relacionados à amputação de membros inferiores.

À professora Lilian Pinto da Silva, pelos ensinamentos durante a faculdade e por ter aceitado o convite de fazer parte de minha banca, pela segunda vez.

Ao professor Wallace David Monteiro, por aceitar fazer parte de minha banca.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Enfim, a todos que me ajudaram de alguma forma, muito obrigada!

RESUMO

Introdução: A marcha de amputados de membros inferiores (MMII) envolve maior consumo de oxigênio (VO_2), justificado por meio das alterações biomecânicas. Apesar dos estudos não associarem as variáveis cardiovasculares e a capacidade física com o maior VO_2 durante a marcha de amputados de MMII, esses indivíduos possuem alterações autonômicas e cardiovasculares em repouso e diminuição da capacidade aeróbia. **Objetivo:** Testar a hipótese que os amputados transtibiais traumáticos apresentam maior VO_2 em repouso, que, associado às alterações cardiovasculares, interferem no VO_2 durante a marcha e exercício aeróbio envolvendo os membros superiores. **Métodos:** Foram avaliados 22 indivíduos adultos, do sexo masculino, 11 com amputações transtibiais unilaterais traumáticas, comparados a 11 indivíduos sem amputações. Os voluntários foram avaliados em relação à frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA) e VO_2 , este por meio do analisador de gases *K4 b² Cosmed*. Todos os indivíduos foram avaliados em repouso, na postura supina e ortostática, em um protocolo de marcha na esteira rolante e em um protocolo contínuo no cicloergômetro de membros superiores (MMSS). Para comparação entre os grupos, foi utilizado o teste *t de Student* e o de *Mann Whitney*, este para o VO_2 e, para correlacionar as variáveis, a *Correlação de Spearman* ($p < 0,05$). **Resultados:** Na postura supina e ortostática, os amputados apresentaram maiores valores de PA, FC e VO_2 . O VO_2 obtido na postura ortostática dos amputados foi correlacionado de forma positiva com a FC obtida nessa postura e com o VO_2 em supino. Durante a marcha, os amputados apresentaram maior FC, PA, VO_2 e este correlacionou-se positivamente com o VO_2 na postura supina e com a FC durante a marcha. Durante o protocolo contínuo de MMSS, os amputados apresentaram maior VO_2 e PAS. **Conclusão:** Os amputados transtibiais traumáticos apresentaram alterações cardiovasculares e metabólicas em repouso, que interferiram no VO_2 durante a marcha e postura ortostática. Confirmando a presença de alterações não mecânicas, relacionadas ao VO_2 , os amputados transtibiais também apresentaram maior VO_2 e FC durante a atividade aeróbia que não envolveu os MMII.

Palavras chaves: Amputados; Consumo de oxigênio; Frequência cardíaca; Marcha.

ABSTRACT

Introduction: The gait of lower limb amputees involves a higher oxygen consumption (VO_2), justified by the biomechanical alterations. Although the studies do not associate the cardiovascular variables and the physical capacities with the higher VO_2 during the gait of lower limb amputees, these subjects have autonomic and cardiovascular alterations in rest and decrease in the aerobic capacity. **Aim:** Test the hypothesis that the transtibial traumatic amputees show higher VO_2 at rest, which associated with cardiovascular alterations, interfere on the VO_2 during the gait and aerobic exercise involving the upper limbs. **Methods:** Were assessed 22 adult subjects, male, 11 with one-sided transtibial traumatic amputations, compared to 11 subjects with no amputations. The volunteers were assessed through the heart rate (HR), blood pressure (BP) and VO_2 , by the gases analyzer *K4 b² Cosmed*. All the subjects were assessed in rest, in the supine and orthostatic position, in a gait protocol on the treadmill and in a continuous protocol on the upper limbs cycle ergometer. For comparison between the groups, were used the *t-Student* and the *Mann Whitney* tests, for the VO_2 , and to correlate the variables, the *Spearman Correlation*. **Results:** On the supine and orthostatic position, the amputees showed higher values of BP, HR and VO_2 . The VO_2 obtained on the amputees' orthostatic position was correlated positively with the HR obtained in this position and with the VO_2 in supine. During the gait, the amputees showed higher HR, BP and VO_2 , this correlated positively with the VO_2 on the supine position and with the HR during the gait. During the continuous protocol of upper limbs, the amputees showed higher VO_2 and BP **Conclusion:** The transtibial traumatic amputees showed cardiovascular and metabolic alterations at rest, which interfered in the VO_2 during the gait and orthostatic position. Confirming the presence of non mechanic alterations, related to the VO_2 , the transtibial amputees also showed higher VO_2 and HR during the aerobic activity that did not involve the lower limbs.

Keywords: Amputees; Oxygen consumption; Heart rate; Gait.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Níveis ideais de amputações de membros inferiores.	21
Figura 2- Voluntário utilizando o analisador de gases Cosmed K4 b ²	43
Figura 3- Traçado do consumo de oxigênio (vermelho) e frequência cardíaca (azul), durante um protocolo, utilizando o programa K4B10_10.0C.	43
Figura 4- Protocolo de marcha na esteira rolante.	46
Figura 5- Curva de consumo de oxigênio (traçado vermelho) e a frequência cardíaca (traçado azul), durante o protocolo de marcha de um voluntário, que foi avaliado na seguinte ordem de velocidade: 3, 4, 5 e 2 km/h.	46
Figura 6- Cicloergômetro adaptado para membros superiores.	47
Figura 7- Posicionamento do voluntário no cicloergômetro de membros superiores.	47
Figura 8- Protocolo submáximo de membros superiores.	48
Figura 9- Curva de consumo de oxigênio (traçado vermelho) e a frequência cardíaca (traçado azul), durante o teste submáximo de membros superiores.	49
Figura 10- Cálculo do consumo de oxigênio máximo estimado, através de regressão linear, por meio do programa K4B2_10.0C. Os resultados de consumo de oxigênio de um voluntário de 42 anos foi plotado em função da frequência cardíaca, durante o teste submáximo de membros superiores.	49
Figura 11- Curva de consumo de oxigênio (traçado vermelho) e a frequência cardíaca (traçado azul), durante o protocolo contínuo de cicloergômetro de membros superiores, de um voluntário, que foi avaliado a 30, 40, 50 e 20W.	51
Figura 12- Correlação entre a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na postura supina, em indivíduos amputados e não amputados.	55
Figura 13- Correlação entre a frequência cardíaca (FC orto) e o consumo de oxigênio na postura ortostática (VO ₂ orto) em indivíduos amputados e não amputados.	55
Figura 14- Correlação entre o consumo de oxigênio na postura supina (VO ₂ supino) e o consumo de oxigênio na postura ortostática (VO ₂ orto) em indivíduos amputados e não amputados.	56
Figura 15- Correlação entre o consumo de oxigênio (VO ₂) em repouso na postura supina, com os valores obtidos na velocidade 4,0km/h, em indivíduos amputados e não amputados.	58
Figura 16- Correlação entre a frequência cardíaca (FC) com o consumo de oxigênio (VO ₂) durante a marcha, em indivíduos amputados e não amputados.	58
Figura 17- Contribuição de cada postura (supina, ortostática e marcha a 4 km/h) no consumo de oxigênio (VO ₂) dos indivíduos amputados e não amputados, durante a marcha.	59

Figura 18- Contribuição do consumo de oxigênio (VO_2) durante o repouso e valores líquidos obtidos no exercício de membros superiores (MMSS), em relação ao VO_2 da carga de 40 W, nos indivíduos amputados e não amputados.61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Interpretação do tamanho do efeito:	52
Tabela 2- Caracterização da amostra (média \pm desvio padrão):	53
Tabela 3- Caracterização da amostra na postura supina e ortostática (média \pm desvio padrão):.....	54
Tabela 4- Diferença da frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e consumo de oxigênio (VO_2) da postura ortostática com a supina (valores líquidos obtidos na postura ortostática):	56
Tabela 5- Valores brutos durante a marcha e líquido (valores brutos durante a marcha, subtraídos dos valores obtidos no protocolo da postura ortostática), das variáveis: frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), consumo de oxigênio (VO_2) e percepção subjetiva de esforço (PSE):	57
Tabela 6- Consumo de oxigênio e variáveis cardiovasculares durante atividade aeróbia contínua no cicloergômetro de membro superior (valores brutos) e diferença dos valores obtidos durante o exercício de MMSS, com os observados na postura supina (valores líquidos):.....	60

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BP	Blood pressure
CEP-HU	Conselho de ética em pesquisa do Hospital Universitário
FC	Frequência cardíaca
HR	Heart rate
HU-CAS	Hospital Universitário/Centro de Atenção à Saúde
IMC	Índice de massa corporal
KBM	Kondylen Bettung Munster
MMII	Membros inferiores
MMSS	Membros superiores
PA	Pressão arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão artéria sistólica
PSE	Percepção subjetiva do esforço
PTB	Patellar Tendon Bearing
PTS	Prothese Tibiale Supracondylien
SACH	Solid Ankle-Cushion Heel
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
VMA	Velocidade de marcha agradável
VO ₂	Consumo de oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	19
Objetivo geral:	19
Objetivos específicos:	19
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
3.1- Amputação.....	20
3.2- Reabilitação de amputados de membros inferiores	22
3.3- Próteses de membros inferiores	22
3.3.1- Próteses exoesqueléticas e endoesqueléticas	23
3.3.2- Tipos de encaixe.....	23
3.3.3- Pés protéticos	24
3.4- Marcha com Prótese	25
3.4.1- Assimetria durante a marcha	26
3.4.2- Componentes da prótese e alterações biomecânicas durante a marcha	27
3.4.3- Velocidade da marcha e alterações biomecânicas.....	28
3.5- Gasto energético durante marcha com prótese	29
3.5.1- Gasto energético e amputação.....	30
3.5.2- Gasto energético e tipos de próteses	30
3.5.3- Gasto energético, características biomecânicas e velocidade de marcha.....	32
3.5.4- Gasto energético e variáveis cardiovasculares	36
3.6- Alterações cardiovasculares após a amputação.....	37
4. METODOLOGIA.....	39
4.1- Caracterização da amostra e aspectos éticos	39
4.2- Delineamento experimental	39
4.3- Descrição dos procedimentos experimentais	40
4.3.1- Anamnese e avaliação física	40
4.3.2- Avaliação antropométrica	41
4.3.3- Avaliação do nível de atividade física	41
4.3.4- Aferição da pressão arterial.....	41
4.3.5- Monitorização eletrocardiográfica	42
4.3.6- Mensuração dos gases expirados e registro da frequência cardíaca.....	42

4.3.7- Avaliação na postura supina e ortostática	44
4.3.8- Protocolo de marcha na esteira rolante	45
4.3.9- Teste submáximo de membros superiores	46
4.3.10- Exercício contínuo no cicloergômetro de membros superiores	49
4.4- Análise dos dados.....	51
5. RESULTADOS	53
5.1- Caracterização da amostra.....	53
5.2- Avaliação do consumo de oxigênio e das variáveis cardiovasculares em supino e na postura ortostática	54
5.3- Valor líquido do consumo de oxigênio e das variáveis cardiovasculares durante a postura ortostática	56
5.4- Consumo de oxigênio e variáveis cardiovasculares durante a marcha	56
5.5- Contribuição de cada postura para o consumo de oxigênio durante a marcha	58
5.6- Consumo de oxigênio e variáveis cardiovasculares durante atividade aeróbia contínua de membros superiores.....	59
5.7- Contribuição da postura supina para o consumo de oxigênio na carga de 40 W em exercício no cicloergômetro de membros superiores.....	60
6. DISCUSSÃO	62
6.1- Avaliação na postura supina	62
6.2- Avaliação na postura ortostática	63
6.3- Avaliação da marcha	64
6.4- Avaliação da atividade aeróbia de membros superiores.....	67
6.5- Limitações do estudo	69
6.6- Implicações clínicas	69
7. CONCLUSÃO.....	71
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
9. ANEXOS.....	80

1. INTRODUÇÃO

As amputações de membros inferiores (MMII) referem-se à retirada cirúrgica total ou parcial de um membro a partir da superfície óssea (BOCCOLINI, 2000; PASTRE et al., 2005; WATERS et al., 1976). No Brasil, estima-se que sua incidência seja de 13,9 por 100000 habitantes/ano (CARVALHO, F. S. et al., 2005; SPICHLER et al., 2001). Dentre todas as amputações, as de MMII ocorrem em 85% dos casos (CARVALHO, F. S. et al., 2005; SAGAWA et al., 2011) e o nível mais comum é o transtibial (DILLINGHAM et al., 2002). As amputações de MMII ocorrem principalmente devido às etiologias vasculares e traumáticas (SAGAWA et al., 2011; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976). As causas vasculares são responsáveis por 80% de todas as amputações de MMII em indivíduos adultos, acima de 50 anos de idade, sendo a diabetes a etiologia mais comum (CARVALHO, F. S. et al., 2005; SAGAWA et al., 2011) e, as causas traumáticas, por 10,6% (CAROMANO et al., 1992; CARVALHO, J. A., 2003).

As amputações de MMII provocam alterações funcionais (WATERS; MULROY, 1999), cardiovasculares (NASCHITZ; LENGGER, 2008; VAN VELZEN et al., 2006) e musculoesqueléticas (WATERS; MULROY, 1999). Quanto mais proximal o nível da amputação, maiores essas alterações (NASCHITZ; LENGGER, 2008; VAN VELZEN et al., 2006; WATERS; MULROY, 1999). Após a amputação, os amputados traumáticos podem apresentar maior atividade nervosa simpática (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; PELES et al., 1995), maiores níveis pressóricos e maior frequência cardíaca (FC), quando comparados a indivíduos não amputados (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; MAGALHÃES et al., 2011; NALLEGOWDA et al., 2012; PELES et al., 1995; PERKINS et al., 2012; ROSE, H. G. et al., 1986). Além disso, podem apresentar alterações musculares, como redução do número e tamanho de fibras oxidativas e aumento das glicolíticas (FRAISSE et al., 2008), o que pode levar ao aumento dos níveis de lactato sanguíneo (SANTOS et al., 2008). Após a amputação, os indivíduos apresentam limitações na capacidade de deambular (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008).

Apesar da marcha com prótese ser importante para a independência funcional do amputado, envolve maior consumo de oxigênio (VO_2), gasto energético e menor eficiência mecânica e energética, quando comparada à marcha de indivíduos não amputados (DAL et al., 2010; GENIN et al., 2008; HOFFMAN et al., 1997; HOUDIJK et al., 2009; SCHMALZ et al., 2002; WATERS; MULROY, 1999). O maior gasto energético após a amputação tem sido justificado pelas alterações biomecânicas decorrentes da marcha compensatória (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008).

A maioria dos estudos sobre VO_2 de amputados de MMII avaliou os indivíduos durante a velocidade de marcha agradável (VMA), velocidade auto-selecionada que se aproxima da adotada na deambulação habitual (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009; SCHMALZ et al., 2002). Os amputados selecionam menores velocidades e apresentam maior VO_2 , quando comparados a indivíduos não amputados (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009; SCHMALZ et al., 2002). Os autores justificaram o maior VO_2 , às alterações biomecânicas, decorrentes do esforço necessário para locomover (HOUDIJK et al., 2009) e da dificuldade dos amputados em atingirem maiores velocidades de marcha (DETREMBLEUR et al., 2005; TESIO et al., 1991). A maioria desses estudos avaliou os amputados somente durante a marcha e poucos compararam seus resultados com os obtidos durante o repouso.

Foram encontrados apenas três estudos que avaliaram os amputados de MMII em repouso e compararam os resultados de VO_2 e FC com os valores obtidos durante a marcha (GAILEY, R. S. et al., 1994; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009). Nesses estudos, as variáveis em repouso foram coletadas com os indivíduos na postura ortostática, pré-exercício, durante um período curto (um minuto) e não foram relatados os protocolos de avaliação. Como resultado, o VO_2 na postura ortostática não foi diferente entre os indivíduos estudados, entretanto a FC foi maior nos amputados, comparados aos não amputados (GAILEY, R. S. et al., 1994; GENIN et al., 2008). Gailey *et al.* (1994), avaliaram amputados transtibiais e observaram que o VO_2 da marcha foi explicado em 40% pelos valores basais, entretanto, a linha de base do VO_2 foi avaliada na postura ortostática, sem padronização da avaliação.

Apesar da maioria dos estudos não associar as variáveis cardiovasculares e a capacidade física com o maior VO_2 durante a marcha de amputados, há evidências

que esses indivíduos possuem alterações cardiovasculares durante o repouso (MAGALHÃES et al., 2011; NALLEGOWDA et al., 2012; NASCHITZ; LENGGER, 2008; PERKINS et al., 2012) e apresentam diminuição da capacidade aeróbia em exercício máximo no cicloergômetro de MMII (CHIN et al., 1997; CHIN et al., 2001; CHIN et al., 2002). Entretanto, não foram encontrados estudos que avaliaram o VO_2 em repouso na postura supina e ortostática, com protocolos específicos para essas avaliações e correlacionaram com os resultados obtidos durante o exercício. Além disso, a maioria dos estudos sobre VO_2 de amputados avaliou os indivíduos durante a marcha ou atividade envolvendo os MMII e, dessa forma, não isolaram os componentes biomecânicos do membro amputado.

Portanto, diante das alterações citadas anteriormente, supõe-se que os amputados de MMII também podem apresentar maior VO_2 durante o repouso, na postura ortostática, no exercício aeróbio de membros superiores (MMSS) e durante a marcha. Além disso, supõe-se que o maior VO_2 dos amputados durante a marcha também possa ser influenciado por meio das alterações cardiovasculares e maior VO_2 em repouso, além das alterações biomecânicas encontradas durante a marcha compensatória.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral:

Testar a hipótese que os amputados transtibiais traumáticos apresentam maior VO_2 em repouso, que, associado às alterações cardiovasculares, interferem no VO_2 durante a marcha e exercício aeróbio envolvendo os MMSS.

Objetivos específicos:

Com relação aos amputados traumáticos transtibiais, testar as hipóteses:

1. Os amputados apresentam maior VO_2 em repouso.
2. O VO_2 em repouso e a FC interferem nas respostas metabólicas durante a postura ortostática.
3. Parte do maior VO_2 dos amputados durante marcha é devido a componentes não mecânicos, relacionados ao VO_2 obtidos em repouso e na postura ortostática e à maior FC durante a marcha.
4. Os amputados apresentam maior VO_2 durante exercício aeróbio que não envolva os MMII.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1- Amputação

No Brasil, estima-se que a incidência de amputações seja de 13,9 por 100000 habitantes/ano (CARVALHO, F. S. et al., 2005; SPICHLER et al., 2001) e, na literatura mundial, há controvérsias, variando de 2,8 a 43,9 por 100000 habitantes/ano (UNWIN, 2000). Dentre todas as amputações, as de MMII ocorrem em 85% dos casos (CARVALHO, F. S. et al., 2005; SAGAWA et al., 2011) e o nível de amputação mais comum é o transtibial (DILLINGHAM et al., 2002). No período de Janeiro de 2008 a Janeiro de 2013 ocorreram 91875 procedimentos cirúrgicos de amputações de MMII no Brasil, sendo que deste total, 42,1% ocorreram na região Sudeste (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). Esses valores aumentam anualmente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

As amputações de MMII ocorrem principalmente devido às etiologias vasculares e traumáticas (SAGAWA et al., 2011; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976). A insuficiência vascular periférica é responsável por 80% de todas as amputações de MMII em indivíduos adultos, acima de 50 anos de idade, sendo a diabetes a principal causa (CARVALHO, F. S. et al., 2005; SAGAWA et al., 2011). Já as causas traumáticas, são responsáveis por 10,6% e os tumores malignos, por 5,8% (CAROMANO et al., 1992; CARVALHO, J. A., 2003). As amputações traumáticas podem ocorrer em virtude de acidentes de trânsito, ferimento por armas, traumatismo, queimaduras ou acidentes de trabalho (BOCCOLINI, 2000; PASTRE et al., 2005) e, normalmente, acometem indivíduos mais jovens (BOCCOLINI, 2000; PASTRE et al., 2005; PERKINS et al., 2012; SAGAWA et al., 2011).

A retirada cirúrgica de um membro pode ocorrer por indicação eletiva ou caráter de urgência. As eletivas, normalmente ocorrem em pacientes que apresentam comprometimento vascular prévio. Já as de urgência são indicadas em casos graves, como por exemplo, grandes traumas, neoplasias em estágios avançados ou devido à sepses, os quais trazem riscos à vida do paciente

(BOCCOLINI, 2000; CARVALHO, F. S. et al., 2005; PASTRE et al., 2005; PERKINS et al., 2012).

As amputações de MMII podem ocorrer em diferentes níveis, dependendo da condição clínica, da capacidade circulatória do membro, da ausência de infecção e, por fim, da capacidade de reabilitação com o uso de prótese. Existem alguns níveis ideais de amputações para obtenção de comprimentos de cotos (membro residual) satisfatórios para protetização (Figura 1). O nível de amputação mais distal proporciona melhor adaptação à prótese e maior facilidade de deambulação (BOCCOLINI, 2000; PERKINS et al., 2012). Dessa forma, a preservação do joelho é um fator determinante ao prognóstico funcional dos amputados (BOCCOLINI, 2000; PERKINS et al., 2012; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976).

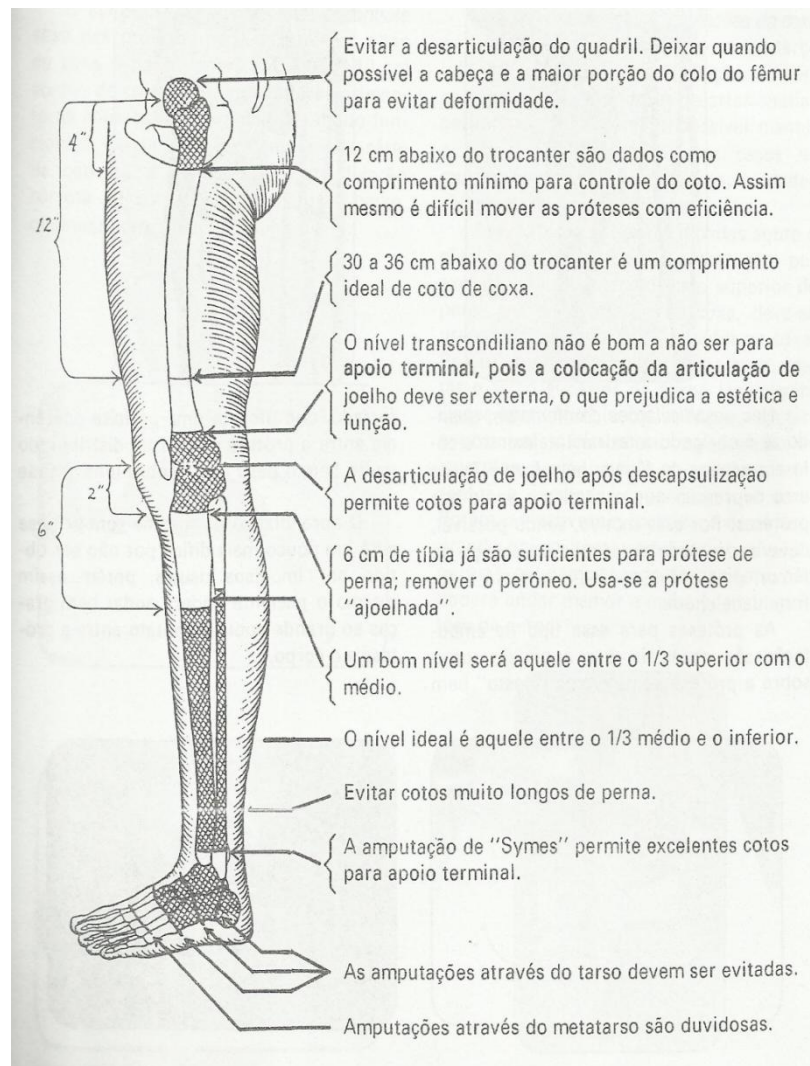


Figura 1- Níveis ideais de amputações de membros inferiores.
Fonte: Boccolini, 2000.

3.2- Reabilitação de amputados de membros inferiores

A reabilitação após a amputação é realizada por fisioterapeutas, que acompanham o paciente em todas as fases do tratamento. O principal objetivo da reabilitação do amputado de membro inferior é a independência funcional e a deambulação, seja ela por prótese ou muleta, dependendo do caso. O tratamento deve ser iniciado precocemente, para que o indivíduo consiga adaptar-se às muletas e, posteriormente, às próteses de MMII (BOCCOLINI, 2000; PASTRE et al., 2005; PEDRINELLI, 2004).

Inicialmente, o processo de reabilitação visa: melhorar a cicatrização do coto, evitar aderências cicatriciais, diminuir o edema do membro residual, aumentar a força muscular dos membros, evitar contraturas musculares e escaras, treinar transferências e adaptar ao uso de dispositivos auxiliares de marcha. Posteriormente, progride com treinos de equilíbrio na postura ortostática e preparação do coto para receber a prótese. A fase final desse processo, dependendo do paciente, é a adaptação ao uso da prótese de membro inferior, com treinos de mudanças de postura, adaptação às fases da marcha, treinos de equilíbrio e de marcha (BOCCOLINI, 2000; CARVALHO, J. A., 2003; PASTRE et al., 2005; PEDRINELLI, 2004). Após a protetização, na maioria dos casos, os indivíduos recebem alta e, há poucas evidências em relação à treinamentos aeróbios nessa fase.

3.3- Próteses de membros inferiores

As próteses são equipamentos utilizados para substituir alguma região do corpo que foi amputada ou que apresenta má formação. As próteses de MMII são utilizadas para auxiliar na locomoção humana (BOCCOLINI, 2000; CARVALHO, J. A., 2003; PEDRINELLI, 2004), sendo compostas por: encaixe, pés, hastes de conexão entre os componentes da prótese e articulação de joelho, quando a amputação é do nível transfemoral (BLOHMKE, 1994; BOCCOLINI, 2000; CARVALHO, J. A., 2003; PEDRINELLI, 2004). As próteses transtibiais diferenciam entre si dependendo do tipo de prótese (exo-esqueléticas ou endoesqueléticas), da composição do encaixe e do tipo de pé (BOCCOLINI, 2000; CARVALHO, J. A.,

2003; PASTRE et al., 2005; PEDRINELLI, 2004). A escolha do tipo e dos componentes da prótese ocorre de acordo com a necessidade do indivíduo e, principalmente, por meio de sua condição financeira (VAN DER LINDE et al., 2004).

3.3.1- Próteses exoesqueléticas e endoesqueléticas

As próteses exoesqueléticas possuem uma estrutura rígida, que é responsável pela sustentação do peso. Elas são confeccionadas com madeira ou plástico, que servem de conexão entre o encaixe e o pé. Podem ser utilizadas para quase todos os tipos de amputações. Normalmente, são próteses com alta resistência, baixo peso e apresentam as desvantagens de dificuldade de alinhamento protético e poucas opções de componentes (BLOHMKE, 1994; BOCCOLINI, 2000; PASTRE et al., 2005; PEDRINELLI, 2004).

As endoesqueléticas, também conhecidas como modulares, são as mais utilizadas atualmente. A conexão entre encaixe e pé protético é realizada por meio de tubos e componentes modulares e o acabamento final é realizado com espuma, conforme as medidas do membro contra lateral à amputação. Essas próteses podem ser utilizadas para todos os níveis de amputação, com exceção das amputações parciais de pé e de tornozelo. São consideradas superiores às exoesqueléticas sob o ponto de vista funcional e estético (BOCCOLINI, 2000; PASTRE et al., 2005; PEDRINELLI, 2004). Devido ao sistema de fixação dos componentes com parafusos, é possível efetuar ajustes e mudanças de alinhamento, assim como trocas rápidas de componentes (BLOHMKE, 1994; PEDRINELLI, 2004).

3.3.2- Tipos de encaixe

O encaixe é a região da prótese onde acomoda o coto e fixa a prótese ao indivíduo. O encaixe não deve ser apertado, para não prejudicar a circulação sanguínea e deve permitir o contato total do coto sobre a prótese, de modo que a maior descarga de peso, em amputados transtibiais, seja na região distal do membro residual (PEDRINELLI, 2004). Os três principais tipos de encaixes para amputações transtibiais diferem de acordo com a descarga de peso sobre o coto e são eles:

Patellar Tendon Bearing (PTB), Kondylen Bettung Munster (KBM) e Prothese Tibiale Supracondylien (PTS).

No encaixe PTB, um modelo mais antigo, a descarga de peso é realizada sobre o tendão patelar e côndilos da tíbia. No KBM, o mais utilizado, a descarga de peso é sobre o tendão patelar e patela. Nos encaixes KBM e PTB, a patela encontra-se totalmente livre e o encaixe envolve os côndilos femorais. O encaixe PTS envolve totalmente o joelho e a patela e a descarga de peso é sobre o quadríceps e região poplíteia. Esse último encaixe proporciona maior estabilidade a cotos curtos ou pessoas com déficit de equilíbrio (BOCCOLINI, 2000; CARVALHO, J. A., 2003; PASTRE et al., 2005; PEDRINELLI, 2004).

3.3.3- Pés protéticos

Os pés protéticos são componentes importantes para o alinhamento da prótese e qualidade da marcha dos amputados (SCHMALZ et al., 2002; VAN DER LINDE et al., 2004). Vários tipos de pés protéticos são encontrados no mercado e podem ser divididos em: não articulados, articulados e pés de resposta dinâmica (BOCCOLINI, 2000; CARVALHO, J. A., 2003; PASTRE et al., 2005; PEDRINELLI, 2004).

O pé “*Solid Ankle-Cushion Heel*” (SACH) é o pé não articulado mais conhecido e utilizado, composto por materiais internos de diferentes densidades e características, apresentando a articulação do tornozelo rígida, com a estrutura do pé em madeira. A região do calcanhar é composta por material sintético que amortece o impacto durante o contato inicial da marcha. O pé SACH é indicado para todos os tipos de amputações, exceto para as parciais de pé e é comumente usado quando o paciente precisa de estabilização na articulação do joelho (BLOHMKE, 1994; CARVALHO, J. A., 2003).

Outro tipo de pé não articulado é o dinâmico, que possui boa flexibilidade, amortece o impacto no contato inicial da marcha e permite uma boa transição da fase dinâmica para estática. Esse tipo de pé tem capacidade para adaptação aos desníveis do solo durante a marcha e às diferentes alturas de salto, sem necessitar de correções no alinhamento da prótese (BLOHMKE, 1994; PEDRINELLI, 2004).

Os pés articulados são aqueles que se articulam ao nível do tornozelo e podem ser monoaxial ou biaxial. Os monoaxiais possuem a porção anterior maciça e é composto por uma articulação de um só eixo transversal (monoaxial), que permite a flexão plantar e dorsal (PEDRINELLI, 2004). São contra indicados para amputações transtibiais e próteses compostas por joelhos ativos (CARVALHO, J. A., 2003). Os multiaxiais possuem dois eixos de movimentos, unindo as vantagens do pé articulado e do dinâmico, permitindo movimento de planti e dorsiflexão e movimentos de pronação e supinação do tornozelo. Um exemplo de pés multiaxiais são os fabricados com fibras de carbono (BOCCOLINI, 2000; CARVALHO, J. A., 2003; PEDRINELLI, 2004).

O pé em fibra de carbono é confortável, com maior mobilidade, desempenho e armazenamento de energia durante o contato total do calcanhar no solo, devido à capacidade de deformar-se, o que facilita a propulsão. Este tipo de reutilização de energia mecânica é semelhante ao que acontece no tornozelo humano, durante a caminhada (BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011; SOARES et al., 2009). Além disso, adapta às distintas velocidades de marcha, tendo boa capacidade de absorção de impacto e adaptação às superfícies irregulares (BLOHMKE, 1994; BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011; SOARES et al., 2009).

Os pés com resposta dinâmica ou acumuladores de energia são desprovidos de articulação de tornozelo, que é compensado com molas laminares anteriores ou posteriores (PEDRINELLI, 2004). São indicados, principalmente, para pacientes com atividade média a alta e é comumente utilizado em corridas (CARVALHO, J. A., 2003).

3.4- Marcha com Prótese

A locomoção humana é o resultado de um sistema complexo, caracterizado por estruturas que geram torques e forças (SAIBENE; MINETTI, 2003; WATERS; MULROY, 1999). Apesar da complexidade, a locomoção é modelada por um sistema capaz de minimizar o dispêndio energético dos músculos, através da transformação da energia cinética do centro de massa corporal, em energia potencial gravitacional e vice-versa. Este mecanismo minimizador de energia é

denominado pendular (pêndulo-invertido) (BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011; SAIBENE; MINETTI, 2003; WATERS; MULROY, 1999).

Restrições ambientais e estruturais podem limitar a capacidade do organismo em utilizar a transdução pendular, com repercussões diretas no custo energético (BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011), como o que ocorre em amputados de MMII (DETREMBLEUR et al., 2005; HOUDIJK et al., 2009; SAGAWA et al., 2011; VAN VELZEN et al., 2006). Esses indivíduos, devido ao uso da prótese, adotam uma marcha compensatória (SAGAWA et al., 2011; WATERS; MULROY, 1999), apresentando alterações biomecânicas (SOARES et al., 2009), déficit de equilíbrio e diminuição da força muscular (SAGAWA et al., 2011; VAN VELZEN et al., 2006).

As amputações de MMII provocam perdas do sistema motor e sensorial e, conseqüentemente, perda das informações de posição, de ângulos, de movimento e de propriocepção articular (ROYER; WASILEWSKI, 2006), fornecidas pelo sistema musculoesquelético e necessárias para a estabilidade dinâmica durante a marcha (VAN VELZEN et al., 2006; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976). Dessa forma, a marcha de amputados é caracterizada por alterações de equilíbrio (VAN VELZEN et al., 2006), assimetria entre os MMII (BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011; HOF et al., 2007; ROYER; WASILEWSKI, 2006; SCHMID et al., 2005; SOARES et al., 2009; YEUNG et al., 2012) e alterações biomecânicas (DETREMBLEUR et al., 2005; NOLAN et al., 2003; SCHMALZ et al., 2002), que podem variar conforme os componentes das próteses (VAN DER LINDE et al., 2004) e velocidade de marcha (DETREMBLEUR et al., 2005; NOLAN et al., 2003).

3.4.1- Assimetria durante a marcha

Os amputados de MMII apresentam assimetrias durante a marcha, que podem ser observadas por meio de diversas características, sendo as principais: maior descarga de peso no membro não amputado, ao qual apresenta maior fase de apoio, menor fase de balanço e comprimento do passo, comparado ao membro contralateral (BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011; HOF et al., 2007; SCHMID et al., 2005; SOARES et al., 2009; YEUNG et al., 2012); maior força de reação ao solo no membro não amputado, aumentando a sobrecarga mecânica desse lado (BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011; NOLAN et al., 2003; SILVERMAN et al.,

2008; SOARES et al., 2009; VAN DER LINDE et al., 2004; VRIELING et al., 2008a; YEUNG et al., 2012); maior oscilação do centro de pressão corporal, quando o membro amputado encontra-se na fase de balanço (SCHMID et al., 2005; SOARES et al., 2009; VRIELING et al., 2008a;2008b); diferença na ativação muscular entre os MMII, com maior ativação do bíceps femoral no lado amputado, para aumentar a estabilidade da articulação do joelho, em amputados transtibiais (BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011; FEY et al., 2010; SEYEDALI et al., 2012; SOARES et al., 2009; VAN VELZEN et al., 2006).

Em amputados transtibiais, a reorganização do padrão motor é marcado pela perda dos músculos plantiflexores, que são responsáveis por cerca de 80% da energia mecânica necessária durante o ciclo da marcha (SAGAWA et al., 2011; SOARES et al., 2009; VRIELING et al., 2008b). Durante a marcha, a perna amputada apresenta um momento dorsiflexor maior, devido ao contato atrasado do pé sobre o solo. Em virtude da ausência de tornozelo, os pés deformam ligeiramente, não armazenam energia e, conseqüentemente, o momento flexor gerado é menor, aumentando a absorção de energia e o impacto mecânico na região do joelho e quadril homolateral à amputação (SAGAWA et al., 2011; SILVERMAN et al., 2008; SOARES et al., 2009; VRIELING et al., 2008b).

3.4.2- Componentes da prótese e alterações biomecânicas durante a marcha

Os componentes da prótese podem interferir na biomecânica da marcha de amputados. Em um estudo realizado por Schmalz *et al.* (2002), foram avaliados 15 amputados transtibiais traumáticos por meio de 5 diferentes pés protéticos (SACH, dois pés dinâmicos e dois com fibras de carbono). Como resultado, foi observado que as características biomecânicas da marcha diferiram conforme o pé utilizado, sendo que a utilização do SACH resultou em maior limitação de plantiflexão. Apesar da diferença biomecânica, não houve diferença na VMA adotada pelos indivíduos, independentemente do pé utilizado (SCHMALZ et al., 2002). Resultado semelhante foi encontrado na maioria dos estudos avaliados por Van der Linde *et al.* (2004) em uma revisão sistemática, tanto em amputados transtibiais quanto transfemorais (VAN DER LINDE et al., 2004).

Durante a marcha de amputados, em virtude da ausência de tornozelo, os pés deformam ligeiramente, assim, não armazenam energia, aumenta o momento flexor, a absorção de energia e o impacto mecânico gerado na região do joelho e quadril homolateral (SAGAWA et al., 2011; SOARES et al., 2009; VRIELING et al., 2008b). A utilização de pés que armazenam energia e dos multiaxiais facilitam as fases de contato inicial e final da marcha e auxiliam na fase de impulsão (SOARES et al., 2009; VAN DER LINDE et al., 2004), minimizando os efeitos relatados anteriormente.

Schmalz *et al.* (2002) também avaliaram a influencia do alinhamento protético sobre a marcha e observaram que o desalinhamento do tornozelo não interferiu na VMA, embora alterou as características biomecânicas da marcha. Diferença do alinhamento, no plano sagital do tornozelo, influenciou as características biomecânicas, principalmente na fase de apoio e no trabalho realizado pela articulação do joelho, o que afetou a estabilidade dessa articulação. O alinhamento incorreto resultou em excessiva tensão sobre o membro residual (BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011).

3.4.3- Velocidade da marcha e alterações biomecânicas

As alterações biomecânicas também se relacionam à velocidade da marcha. Diversos estudos avaliaram os amputados em sua VMA e observaram que esses indivíduos deambularam mais lentamente e apresentaram maiores alterações biomecânicas, comparados aos não amputados (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009; SCHMALZ et al., 2002). Detrembleur *et al.* (2005), avaliaram amputados transtibiais e transfemorais em relação ao deslocamento vertical do centro de massa corporal e eficiência do mecanismo pendular, em diferentes velocidades de marcha. Nesse estudo foi observado que, em maiores velocidades, houve redução das alterações biomecânicas, por meio da diminuição da oscilação do centro de massa corporal, aumento do movimento pendular e facilitação da realização das fases da marcha (DETREMBLEUR et al., 2005).

Nolan, *et al.* (2003), avaliaram o efeito do aumento da velocidade da marcha em amputados unilaterais traumáticos de membro inferior, em relação à força de

reação ao solo e variáveis temporais (tempo de apoio, fase de balanço, comprimento do passo) e a assimetria dessas variáveis entre os MMII. Esse estudo demonstrou que, em maiores velocidades, os amputados reduziram as alterações temporais e diminuíram a assimetria durante a marcha, comparados aos não amputados. Entretanto, a força de reação ao solo foi maior, principalmente sobre o membro intacto.

3.5-. Gasto energético durante marcha com prótese

A marcha com uso de prótese representa a independência funcional dos amputados (BUSSMANN et al., 2008; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), entretanto envolve maior VO_2 e, conseqüentemente, maior gasto energético e menor eficiência mecânica, comparado a indivíduos não amputados (DETREMBLEUR et al., 2005; GAILEY, R. S. et al., 1997; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009; VAN VELZEN et al., 2006; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976). O estudo do VO_2 e gasto energético durante a marcha de amputados de MMII é importante para avaliação da capacidade funcional com uso de prótese (GAILEY, R. S. et al., 1997; GONZALEZ et al., 1974; TRABALLES I et al., 2008; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976). Esses estudos têm importância clínica, uma vez que o maior VO_2 e gasto energético podem dificultar a adaptação à prótese, prejudicar a capacidade de adquirir habilidades motoras e autonomia, interferindo assim na qualidade de vida desses indivíduos (BUSSMANN et al., 2004; BUSSMANN et al., 2008; TRABALLES I et al., 2008; VAN VELZEN et al., 2006; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976).

Diversos são os fatores que podem influenciar a qualidade da marcha de amputados, quando se trata do VO_2 e gasto energético, tais como: o nível de amputação (CZERNIECKI, 1996; DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), o tipo de amputação (CZERNIECKI, 1996; PINZUR, M. S., 1993; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), os componentes e modelos das próteses (GRAHAM et al., 2008; HSU, M. J. et al., 2006; PERRY et al., 2004; SCHMALZ et al., 2002; VAN DER LINDE et al., 2004; WATERS; MULROY, 1999), o alinhamento biomecânico do joelho e do pé da prótese (PERRY et al., 2004; SCHMALZ et al., 2002; VAN DER LINDE et al.,

2004), a adaptação à prótese (VAN VELZEN et al., 2006; WATERS; MULROY, 1999), a velocidade da marcha (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009; WATERS; MULROY, 1999) e o uso de dispositivo auxiliar, como muletas e andadores (WATERS; MULROY, 1999; WU et al., 2001).

O maior VO_2 e gasto energético em amputados estão relacionados a fatores intrínsecos e extrínsecos (DETREMBLEUR et al., 2005; TORBURN et al., 1995; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976). Os fatores intrínsecos estão relacionados ao nível da amputação e sua etiologia (CZERNIECKI, 1996; GENIN et al., 2008; PINZUR, M. S., 1993; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), já os extrínsecos relacionam-se às alterações biomecânicas (DETREMBLEUR et al., 2005; SCHMALZ et al., 2002; TESIO et al., 1998; WATERS; MULROY, 1999), à velocidade adotada (GENIN et al., 2008) e à eficiência do mecanismo pendular durante a marcha compensatória (DETREMBLEUR et al., 2005; HOUDIJK et al., 2009).

3.5.1- Gasto energético e amputação

Os amputados transfemorais apresentam maior VO_2 e gasto energético durante a marcha, comparados aos transtibiais (CZERNIECKI, 1996; DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), o que torna a preservação do joelho um fator determinante no prognóstico funcional desses indivíduos (CZERNIECKI, 1996; WATERS; MULROY, 1999). Em relação aos tipos de amputações, as vasculares provocam maior gasto energético do que as traumáticas (CZERNIECKI, 1996; PINZUR, M. S., 1993; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), devido às doenças de base.

3.5.2- Gasto energético e tipos de próteses

O gasto energético durante a marcha de amputados de MMII pode ser influenciado por meio dos componentes e do alinhamento da prótese. Van der Linde *et al.* (2004), publicaram uma revisão sistemática, cujo objetivo foi avaliar os diferentes componentes protéticos e sua funcionalidade, em relação à marcha.

Nessa revisão, foram encontrados 356 artigos, dos quais apenas 40 obedeceram aos critérios metodológicos. Desses estudos, a maioria avaliou os critérios cinemáticos da marcha, tempo e distância percorrida, 15 avaliaram o gasto energético, 2 associaram as variáveis de FC e 21 investigaram a velocidade da marcha.

Em relação a influencia dos tipos de pés protético, Van der Linde *et al.* (2004) encontraram 21 estudos. Desse total, a maioria avaliou a VMA adotada pelos indivíduos e não encontrou diferença na escolha da velocidade, independente do pé protético, tanto em amputados traumáticos, quanto em vasculares. Poucas exceções foram encontradas, como por exemplo, os artigos que demonstraram menor VMA com uso do pé SACH, comparado com os pés articulados (CASILLAS *et al.*, 1995; POWERS *et al.*, 1994).

Van der Linder *et al.* (2004) encontraram 15 estudos sobre gasto energético e tipos de pés protéticos, dos quais, a maioria, não encontrou diferença ao comparar os diferentes pés. Entretanto, 3 desses estudos observaram que os indivíduos que utilizavam pés SACH apresentaram maior gasto, comparados com os que utilizavam pés articulados que armazenam energia (CASILLAS *et al.*, 1995) e os com de fibra de carbono (MACFARLANE *et al.*, 1997; NIELSEN *et al.*, 1988). Resultado semelhante foi encontrado por Hsu *et al* (2006), que avaliaram amputados transtibiais utilizando diferentes pés protéticos (SACH, pé dinâmico e multiaxial) e não encontraram diferenças no gasto energético durante as várias velocidades de marcha na esteira rolante (3,2; 4,0; 4,8; 5,5 e 6,5 km/h) (HSU, M. J. *et al.*, 2006).

Nessa revisão, foram encontrados apenas 6 estudos que avaliaram o efeito do peso da prótese e observaram que o aumento do peso da prótese, não influenciou na eficiência cinemática e no gasto energético da marcha de amputados (VAN DER LINDE *et al.*, 2004). Esse resultado também foi encontrado por Lin Chan *et al.* (2003), que avaliaram amputados transtibiais em cinco velocidades de marcha na esteira (3,2; 4,0; 4,8; 5,5 e 6,5 km/h), utilizando próteses com três pesos diferentes.

Schmalz, *et al.* (2002) avaliaram 15 amputados transtibiais traumáticos em relação ao VO₂, gasto energético e características biomecânicas, utilizando 5 pés protéticos (um SACH, dois pés dinâmicos e dois com fibras de carbono) e diferentes alinhamentos do pé dinâmico (1D25, Otto Bock), durante a VMA no solo e duas velocidades fixas na esteira (4,0 e 4,8 km/h). Como resultado, independente do tipo

de pé e alinhamento protético, a média da VMA (5,2 km/h) não foi diferente, embora alterasse a biomecânica da marcha. Na velocidade de 4,0 km/h, independente do tipo de pé, o gasto energético foi o mesmo, entretanto, na velocidade de 4,8 km/h, foi maior quando os voluntários utilizaram o pé SACH. Em relação ao alinhamento protético, nas velocidades de 4,0 e 4,8 km/h, o gasto energético e a FC foi maior com o aumento da dorsi e plantiflexão. Durante todas as velocidades, os tipos de pés não interferiram na resposta da FC (SCHMALZ et al., 2002).

3.5.3- Gasto energético, características biomecânicas e velocidade de marcha

A marcha de amputados de MMII é menos eficiente, resultando em um maior esforço físico e gasto energético, comparado a indivíduos não amputados (DAL et al., 2010; GENIN et al., 2008; HOFFMAN et al., 1997; HOUDIJK et al., 2009; SCHMALZ et al., 2002; WATERS; MULROY, 1999). A marcha com uso da prótese está associada às alterações biomecânicas que, por sua vez, explicaria o maior dispêndio energético para deambular (DETREMBLEUR et al., 2005; HOUDIJK et al., 2009; SAGAWA et al., 2011), juntamente com a velocidade de locomoção (DETREMBLEUR et al., 2005; GAILEY, R. et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009).

A maioria dos estudos sobre marcha de amputados avalia os indivíduos durante a VMA (DETREMBLEUR et al., 2005; GAILEY, R. S. et al., 1994; HOUDIJK et al., 2009; SAGAWA et al., 2011; TRABALLESÍ et al., 2008; VAN DER LINDE et al., 2004; WATERS; MULROY, 1999; YEUNG et al., 2012) e, em geral, os amputados escolhem baixos valores de VMA, comparados aos não amputados, apesar de apresentarem maior gasto energético (DETREMBLEUR et al., 2005; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976). Alguns autores afirmam que a escolha de velocidades baixas é na tentativa de reduzir o gasto calórico e aumentar a estabilidade durante a locomoção (DETREMBLEUR et al., 2005; HOFFMAN et al., 1997; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976).

Os valores de VMA dos amputados transtibiais diferem entre os estudos, com valores de 1,0 km/h (TRABALLESÍ et al., 2008), 2,87 km/h (DETREMBLEUR et al., 2005), 4,18 km/h (GAILEY, R. S. et al., 1994; YEUNG et al., 2012) e 5,0 km/h (HOUDIJK et al., 2009; SCHMALZ et al., 2002). Na maioria desses estudos, os amputados apresentaram menor velocidade de marcha e maior gasto energético,

comparados aos não amputados (DETREMBLEUR et al., 2005; VAN VELZEN et al., 2006; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), entretanto há estudos que encontraram resultados diferentes (GAILEY, R. S. et al., 1994; HOUDIJK et al., 2009).

Gailey *et al.* (1994), avaliaram 39 amputados transtibiais traumáticos e compararam com 31 controles, em relação ao VO_2 , gasto energético e reposta da FC durante a VMA no solo. Esses autores observaram que, apesar de não haver diferença em relação à VMA (4,1 km/h nos amputados e 4,5 km/h nos controle), os amputados apresentaram gasto energético 16% maior e FC mais elevada, comparado aos indivíduos não amputados.

Houdjik *et al.* (2009) avaliaram 11 amputados transtibiais durante a VMA no solo e velocidade fixa na esteira (4,8 km/h), em relação ao gasto energético e ao trabalho mecânico dos MMII durante a marcha. Foi observado que os amputados selecionaram VMA semelhante aos não amputados (respectivamente, 5,0 e 5,7 km/h) e não diferiram em relação ao gasto e custo energético. Entretanto, na velocidade fixa na esteira (4,8 km/h) os amputados apresentaram maior gasto. Esses autores concluíram que, o maior gasto energético de amputados, estava associado à diminuição do trabalho mecânico muscular para empurrar a prótese, durante a fase de balanço. Para compensar, os indivíduos aumentaram o mecanismo pendular e a inércia, em maiores velocidades de marcha.

No estudo de Houdjik *et al.* (2009), apesar dos resultados encontrados em relação ao gasto energético na esteira (velocidade fixa) e no solo (VMA), as avaliações foram realizadas em diferentes superfícies, o que pode ter contribuído para os diferentes resultados (DAL et al., 2010; WATERS; MULROY, 1999). A comparação entre os estudos sobre VO_2 e gasto energético de amputados é difícil, uma vez que não há um consenso entre avaliações realizadas no solo (GAILEY, R. et al., 2008; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009; SCHMALZ et al., 2002; TRABALLESINI et al., 2008) e na esteira (HOUDIJK et al., 2009; HSU, M. J. et al., 2006; LIN-CHAN et al., 2003; SCHMALZ et al., 2002; TRABALLESINI et al., 2008; YEUNG et al., 2012).

Há evidências que o gasto energético e a VMA em indivíduos não amputados é maior no solo do que na esteira (DAL et al., 2010; WATERS; MULROY, 1999). Em relação aos indivíduos amputados, Traballesi *et al.* (2008) realizaram um estudo avaliando o VO_2 e o gasto energético de amputados transtibial e transfemoral, na

esteira e no solo, em sua VMA. Os amputados transtibiais selecionaram menores velocidades na esteira do que no solo (respectivamente, 1,0 e 2,44 km/h), entretanto não houve diferença no gasto energético, o que demonstrou que a marcha no solo foi mais econômica (TRABALLESI et al., 2008).

Durante a marcha normal há uma faixa de velocidade ideal que é mais econômica e aproxima da VMA (DETREMBLEUR et al., 2005; DUTRA et al., 2007; GENIN et al., 2008; ROSE, J.; GAMBLE, 2007; TESIO et al., 1991; WATERS; MULROY, 1999), em torno de 4,0 a 5,0 km/h (DUTRA et al., 2007; ROSE, J.; GAMBLE, 2007; TESIO et al., 1991). Alguns autores afirmaram que amputados de MMII não conseguiam chegar a essa velocidade e adotavam uma deambulação mais lenta e menos eficiente (DETREMBLEUR et al., 2005; TESIO et al., 1991).

Em baixas velocidades, os amputados possuem alterações na cinemática, maior trabalho muscular e ineficiência dos mecanismos pendulares, o que justificaria o maior consumo energético (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009; TESIO et al., 1998; TESIO et al., 1991; VAN VELZEN et al., 2006). Ao aumentar a velocidade de locomoção, permite uma melhor eficiência do mecanismo pendular e deslocamento do centro de massa corporal (DETREMBLEUR et al., 2005), diminuindo assim o custo energético da marcha (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008).

Detrembleur, *et al.* (2005) avaliaram 6 amputados transtibiais vasculares e 6 transfemorais traumáticos, em relação ao aumento da velocidade, custo energético, deslocamento vertical do centro de massa corporal e eficiência do mecanismo pendular durante a marcha. Como resultado, foi observado que a VMA (2,87 km/h em transtibiais e 2,42 km/h em transfemorais) selecionada pelos amputados alterou a eficiência do mecanismo pendular. A maior velocidade de marcha permitiu uma melhor eficiência do mecanismo pendular e maior facilidade de deslocamento do centro de massa corporal, custando menos energia e auxiliando na recuperação após o exercício.

Detrembleur *et al.* (2005) compararam os resultados de seu estudo, com os valores obtidos em indivíduos não amputados, de acordo a literatura. Em baixas velocidades (1,7 km/h), o custo energético dos amputados foi duas vezes maior e, em intermediária (4,0 km/h), essa diferença caiu para 0,5 vezes. Dessa forma, o custo energético dos amputados foi maior, devido à seleção de baixas velocidades de marcha, comparados ao grupo controle. De acordo com Sjødahl *et al.* (2002), é

possível aumentar a VMA desses indivíduos, com treinamento específico (SJÖDAHL et al., 2002).

Genin *et al.* (2008), avaliaram amputados traumáticos (10 transfemorais e 9 transtibiais), comparados a 7 indivíduos sem amputações, durante várias velocidades de marcha, cujo objetivo foi avaliar os efeitos da velocidade sobre o VO_2 e gasto energético em amputados. Nesse estudo, os indivíduos caminhavam por um percurso no solo com velocidade inicial de 1,1 km/h, que aumentava 1,0 km/h a cada minuto, até atingir a velocidade de 8,5 km/h ou a máxima sustentada. Para avaliação do gasto energético dos amputados, os autores subtraíram os valores obtidos durante as velocidades, dos valores de repouso na postura ortostática, pré-exercício. Como resultado, a velocidade máxima sustentada pelos amputados transtibiais, transfemorais e controle foi, respectivamente, 6,3 km/h (variação de 5,0 a 6,3 km/h), 4,8 km/h e 7,4 km/h. Os amputados transfemorais apresentaram maior gasto energético em todas as velocidades, entretanto os transtibiais só diferiram dos não amputados acima da velocidade de 4,0 km/h.

Nesse mesmo estudo, Genin *et al.* (2008) observaram que o custo energético em função da velocidade foi diferente entre os três grupos, com maiores valores obtidos pelos amputados transfemorais. Para todos os grupos, esse resultado descreveu uma curva ascendente em formato de U, com uma faixa de velocidade mais econômica, cujos valores foram 4,0 km/h para os transtibiais, 3,7 km/h para os transfemorais e 4,5 km/h para os controles. Portanto, assim como na marcha normal, o custo da locomoção de amputados apresentou uma curva em formato de U, com um custo energético mínimo em sua velocidade ideal.

Genin *et al.* (2008) concluíram que amputados traumáticos de MMII conseguiram caminhar na velocidade ideal e acima dela, afastando a hipótese que, o maior gasto energético seja devido ao fato deles não andarem rápido e de não atingirem a velocidade ideal. Uma vez que o gasto energético dos amputados aumentou mais rapidamente conforme a velocidade, esses indivíduos apresentaram menor velocidade ideal, com maior custo energético, comparado ao grupo controle. Dessa forma, os amputados apresentaram uma faixa de velocidade econômica (3-4 km/h) acima da VMA (2-3 km/h).

3.5.4- Gasto energético e variáveis cardiovasculares

A maioria dos estudos sobre marcha de amputados de MMII associou o maior gasto energético às alterações biomecânicas, poucos estudos avaliaram as variáveis cardiovasculares e o condicionamento aeróbio e associaram com as alterações da marcha (SAGAWA et al., 2011).

Van Velzen *et al.* (2006) publicaram uma revisão sistemática, cujo objetivo foi avaliar a capacidade física e as habilidades da marcha após a amputação. Foi observado que os amputados apresentaram perda de equilíbrio, diminuição da força muscular e deteriorização da capacidade de deambular, após a amputação. Nessa revisão, também foi relatado que os amputados apresentaram diminuição da aptidão física, avaliada por meio de teste ergoespirométrico “one-leg” na bicicleta ergométrica (CHIN et al., 1997; CHIN et al., 2001; CHIN et al., 2002). Entretanto, não foram encontrados estudos que associassem essa diminuição às habilidades da marcha de amputados (VAN VELZEN et al., 2006).

Sagawa *et al.* (2011) realizaram uma revisão sistemática sobre as características biomecânicas e fisiológicas durante a marcha de amputados de MMII. Dos 521 artigos consultados, a maioria avaliou o comportamento biomecânico e somente 54 avaliaram o comportamento fisiológico durante a marcha. Desses 54 artigos citados sobre comportamento fisiológico (SAGAWA et al., 2011), 45 avaliaram as respostas energéticas de VO_2 e apenas 7 estudaram o comportamento cardiovascular, sendo que 7 avaliaram a FC (GAILEY, R. S. et al., 1994; HOFFMAN et al., 1997; HSU, M. et al., 1999; ISAKOV et al., 1985; PAGLIARULO et al., 1979; PINZUR, M. et al., 1992; TRABALLES et al., 2008) e um a pressão arterial (PA) (PAGLIARULO et al., 1979).

Desses 7 artigos citados por Sagawa *et al.* (2011), em relação às repostas cardiovasculares, somente dois compararam os amputados com indivíduos não amputados (GAILEY, R. S. et al., 1994; HOFFMAN et al., 1997). Gailey *et al.* (1994), avaliaram amputados transtibiais em repouso na postura ortostática, pré-exercício e na VMA no solo e, observaram que os amputados, durante o repouso e marcha, apresentaram maior FC e, durante a marcha, maior VO_2 , comparados aos não amputados (GAILEY, R. S. et al., 1994). Hoffman *et al.* (1997), avaliaram amputados transfemorais bilaterais, no repouso sentado e na VMA e encontraram maior VO_2 e FC nos amputados, somente durante a marcha (HOFFMAN et al., 1997).

Dos outros estudos citados por Sagawa *et al.* (2011), em relação às variáveis cardiovasculares, dois avaliaram os amputados de MMII, utilizando diferentes próteses, em relação ao VO₂ e FC (HSU, M. *et al.*, 1999; ISAKOV *et al.*, 1985). Um estudo avaliou as respostas durante a marcha, utilizando prótese e muletas axilares e encontrou maior VO₂ e FC utilizando muletas axilares (PAGLIARULO *et al.*, 1979). Um estudo comparou as repostas dos amputados vasculares e traumáticos durante a VMA no solo e esteira, sendo observada a mesma resposta de FC e VO₂ em ambos os protocolos de avaliação, embora a VMA no solo tenha sido maior (TRABALLESI *et al.*, 2008)

Dessa forma, fica evidente que os amputados possuem maior gasto energético, associado às alterações biomecânicas, entretanto há pouca evidência em relação à associação das variáveis fisiológicas e cardiovasculares com o maior VO₂ durante a marcha.

Apesar da maioria dos estudos não associarem as variáveis cardiovasculares e a capacidade física com aumento do gasto energético durante a marcha de amputados, há evidências que esses indivíduos possuem alterações cardiovasculares (MAGALHÃES *et al.*, 2011; NALLEGOWDA *et al.*, 2012; NASCHITZ; LENGGER, 2008; PERKINS *et al.*, 2012) e metabólicas (FRAISSE *et al.*, 2008) durante o repouso e apresentam diminuição da capacidade aeróbia em exercício máximo no cicloergômetro de MMII (CHIN *et al.*, 1997; CHIN *et al.*, 2001; CHIN *et al.*, 2002).

3.6- Alterações cardiovasculares após a amputação

Na literatura, há evidências que amputados traumáticos de MMII possuem alterações cardiovasculares e estão sujeitos a aumento na morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares (BRIDGET A. FRUGOLI *et al.*, 2000; HRUBEC; RYDER, 1979; KURDIBAYLO, 1994; MAGALHÃES *et al.*, 2011; MODAN *et al.*, 1998; MOZUMDAR, A.; ROY, S., 2006; MOZUMDAR, A.; ROY, S. K., 2006; NALLEGOWDA *et al.*, 2012; NASCHITZ; LENGGER, 2008; PELES *et al.*, 1995; PERKINS *et al.*, 2012; ROBBINS *et al.*, 2009; ROSE, H. G. *et al.*, 1987; ROSE, H. G. *et al.*, 1986; SHAHRIAR *et al.*, 2009). Tais características são mais evidentes em amputados bilaterais (KURDIBAYLO, 1994; PERKINS *et al.*, 2012) e em níveis mais

proximais de amputações (KURDIBAYLO, 1994; MODAN et al., 1998; NASCHITZ; LENGGER, 2008; PERKINS et al., 2012; ROSE, H. G. et al., 1987; SHAHRIAR et al., 2009).

Os amputados traumáticos de MMII apresentam predomínio de certos fatores de riscos para doença cardiovascular, incluindo: hipertensão arterial sistêmica (MAGALHÃES et al., 2011; MODAN et al., 1998; PELES et al., 1995; PERKINS et al., 2012; ROSE, H. G. et al., 1986; SHAHRIAR et al., 2009), diabetes (NALLEGOWDA et al., 2012), aumento da resistência à insulina (BRIDGET A. FRUGOLI et al., 2000; MODAN et al., 1998; PELES et al., 1995; PERKINS et al., 2012; ROSE, H. G. et al., 1986), alterações no fluxo sanguíneo (MAGALHÃES et al., 2011), rigidez arterial (MAGALHÃES et al., 2011; MOZUMDAR, A.; ROY, S., 2006), obesidade (BRIDGET A. FRUGOLI et al., 2000; MODAN et al., 1998; MOZUMDAR, A.; ROY, S., 2006; PELES et al., 1995; PERKINS et al., 2012; ROSE, H. G. et al., 1986; SHAHRIAR et al., 2009), diminuição do nível da atividade física (BRIDGET A. FRUGOLI et al., 2000; MODAN et al., 1998; MOZUMDAR, A.; ROY, S., 2006; PERKINS et al., 2012), hiperinsulinemia (MAGALHÃES et al., 2011; MODAN et al., 1998; ROSE, H. G. et al., 1986), tabagismo, hiperlipidemia e intolerância à glicose (NALLEGOWDA et al., 2012; PELES et al., 1995; ROSE, H. G. et al., 1986).

Os amputados traumáticos, no repouso, podem apresentar maior FC associada com maiores níveis de catecolaminas plasmáticas (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981). Esses indivíduos também podem apresentar alterações hemodinâmicas (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; MAGALHÃES et al., 2011; NASCHITZ; LENGGER, 2008; PERKINS et al., 2012), que, em longo prazo, predispõem à elevação da PA, ao desenvolvimento de hipertensão arterial sistêmica (FRUGOLI et al., 2000; GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; KURDIBAYLO, 1994; PERKINS et al., 2012) e ao aumento dos riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e de mortalidade (FRUGOLI et al., 2000; GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; KURDIBAYLO, 1994; MAGALHÃES et al., 2011; MOZUMDAR, A.; ROY, S., 2006; NALLEGOWDA et al., 2012; NASCHITZ; LENGGER, 2008; PERKINS et al., 2012).

4. METODOLOGIA

4.1- Caracterização da amostra e aspectos éticos

Inicialmente, foi realizado o cálculo amostral, de acordo com a análise do tamanho do efeito (COHEN, 1988) das variáveis FC e VO₂, obtidas em estudos prévios sobre amputados de MMII, durante a marcha. Como resultado, o estudo precisaria recrutar no mínimo 9 voluntários de ambos os grupos.

Foram recrutados 17 voluntários com amputações de MMII e 13 sem amputações e, desse total, foram excluídos 8 indivíduos. Portanto, foram estudados 22 indivíduos adultos, do sexo masculino, 11 com amputações transtibiais unilaterais traumáticas, que foram comparados a 11 indivíduos sem amputações. Para compor a amostra, os amputados deveriam ter amputação traumática, unilateral e transtibial, ter sido protetizados há mais de dois anos, deambular sem dispositivos auxiliares de marcha, possuir prótese alinhada e com encaixe do tipo PTS ou KBM.

Como critério de exclusão, todos os voluntários não deveriam possuir doenças cardiovasculares ou neuromusculares, que pudessem interferir na execução dos protocolos realizados e/ou arritmias cardíacas detectadas durante a monitorização eletrocardiográfica de repouso. Também seriam excluídos os que fizessem o uso de medicamentos que influenciassem as variáveis autonômicas.

Todos os voluntários foram esclarecidos da natureza e do propósito desta pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), redigido em duas vias (Anexo 1). Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário (CEP-HU) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), sob parecer número 323/2011.

4-2-. Delineamento experimental

As avaliações desse estudo ocorreram em cinco dias, todas no período da manhã e no Laboratório de Avaliação Física do Hospital Universitário/Centro de Atenção à Saúde (HU/CAS) da UFJF. Os procedimentos que envolveram esforço físico foram separados por um período de 48 horas em relação ao procedimento anterior. Todos os sujeitos foram orientados a realizar uma refeição leve uma hora

antes da coleta (exceto no dia da avaliação de repouso em supino e postura ortostática), dormir bem na noite anterior a cada experimento, além de não consumirem bebidas alcoólicas, cafeinadas e não praticarem exercícios intensos nas 24 horas que antecederem os experimentos (Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

No primeiro dia, os indivíduos foram esclarecidos sobre sua participação no projeto, assinaram o TCLE e, após a anamnese, foram submetidos à avaliação física, antropometria, monitorização eletrocardiográfica de repouso, avaliação inicial da PA e FC. Nesse mesmo dia, responderam ao questionário de nível de atividade física habitual e foram familiarizados com os ergômetros e com a escala de percepção de esforço (Escala de Borg). No segundo dia, foram avaliados em relação ao VO_2 e variáveis cardiovasculares, em repouso na postura supina e na ortostática e, novamente, familiarizados com a esteira rolante. No terceiro dia, realizaram o protocolo de marcha na esteira rolante e, novamente, foram familiarizados com o cicloergômetro de MMSS. No quarto dia, foram submetidos ao teste de ergoespirométrico de MMSS e, no último dia, avaliados por meio de um protocolo aeróbio contínuo, utilizando cicloergômetro de MMSS.

4.3- Descrição dos procedimentos experimentais

4.3.1- Anamnese e avaliação física

Na anamnese, foi realizada investigação sobre a amputação, reabilitação e protetização, além de história de doenças, presença de fatores de risco para doenças do sistema cardiovascular, episódios de quedas (Anexo 2).

Na avaliação física, foram avaliados os sinais vitais (FC e PA), o coto da amputação, o tipo de prótese, seu alinhamento e a análise visual da marcha, sem o uso de muletas (Anexo 2).

4.3.2- Avaliação antropométrica

Para avaliação antropométrica, foi mensurada a estatura, por meio do estadiômetro Lider®, massa corporal, por meio da balança Lider® e medidas das dobras cutâneas, por meio do adipômetro Cescorf®. A massa corporal dos amputados foi avaliada com e sem a prótese. Para cálculo do percentual de gordura, foi utilizado o protocolo de Pollock de três dobras, sendo utilizadas as pregas cutâneas abdominal, torácica e da coxa (JACKSON; POLLOCK, 1978) (Anexo 2).

Para avaliação do comprimento dos MMII, mediu-se a distância entre o trocânter maior do fêmur até a extremidade distal do calcâneo, utilizando fita métrica. Essa avaliação foi realizada no membro inferior direito dos indivíduos não amputados e no membro contralateral à amputação. Para avaliação do comprimento do membro amputado, utilizou-se a distância entre o trocânter maior do fêmur até a extremidade distal do coto.

Para avaliação da massa corporal e cálculo do índice de massa corporal (IMC) dos amputados, foi considerada a massa corporal do voluntário sem a prótese. Também foi calculado o IMC corrigido dos amputados (MOZUMDAR; ROY, 2004), ao qual foi acrescentado o peso do membro perdido com a amputação, à massa corporal do voluntário, segundo Osterkamp *et al.* (1995).

4.3.3- Avaliação do nível de atividade física

Para avaliação do nível de atividade física, foi utilizado o escore total do Questionário de Atividade Física Habitual (Questionário de Baecke) (FLORINDO; LATORRE, 2003) (Anexo 3).

4.3.4- Aferição da pressão arterial

A PA foi aferida pelo método auscultatório e oscilométrico. O método auscultatório foi utilizado durante o exercício e repouso e as medidas foram realizadas por um mesmo avaliador, utilizando o esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (Takaoka®) e estetoscópio Rappaport Premium®. As fases I e IV de Korotkoff foram adotadas para identificação da pressão sistólica (PAS) e diastólica

(PAD), respectivamente. Foi padronizada a avaliação da PA no membro superior esquerdo, para todos os protocolos, em virtude dos protocolos utilizando os MMSS, em que o indivíduo deveria manter o exercício com o membro superior direito. No método oscilométrico, realizado somente durante a avaliação inicial em repouso, a PA foi aferida por meio do aparelho Dixtal® (modelo 2023).

4.3.5- Monitorização eletrocardiográfica

A monitorização eletrocardiográfica foi realizada por meio do aparelho Dixtal® (modelo 2023), utilizando todas as derivações cardíacas, na postura supina e ortostática. Simultaneamente, foi aferida a PA pelo método oscilométrico. A partir da monitorização de repouso, foi possível a avaliação de arritmias cardíacas, que compunham os critérios de exclusão do estudo. Durante a realização do teste de esforço máximo, também foi realizada monitorização eletrocardiográfica.

4.3.6- Mensuração dos gases expirados e registro da frequência cardíaca

O VO_2 foi mensurado por calorimetria indireta, em repouso, na posição ortostática, durante e na recuperação da marcha e nos protocolos de MMSS. Foi utilizado o analisador de gases da marca Cosmed® modelo K4 b². Antes de todas as coletas, o equipamento foi aquecido por 45 minutos e calibrado ao ar ambiente, conforme especificações técnicas. Semanalmente, foram realizadas as calibrações a volume, a fluxo, a gás e calibração da turbina. Durante as coletas, os indivíduos utilizaram máscaras faciais devidamente acopladas e o analisador de gases e sua bateria foi acoplada na região anterior do tórax dos voluntários, por meio de um colete, conforme ilustrado na Figura 2.

A FC foi coletada por meio de uma fita de cardiofrequencímetro da marca Polar®, cujos dados foram transmitidos para a unidade receptora do K4 e enviadas, por telemetria, ao programa K4B2_10.0C, simultaneamente à coleta do VO_2 (Figura 3).

Durante os protocolos, os gases respirados e a FC foram coletados continuamente, respiração a respiração e, posteriormente, foram filtrados a cada 10 segundos. Entretanto, no protocolo em supino e na postura ortostática, foi utilizado o

modo de avaliação em repouso do programa K4B2_10.0C, cujos valores eram médias de 30 segundos. Para análise dos resultados, utilizou-se a média dos três minutos finais de cada fase dos protocolos, exceto na avaliação a postura supina, que utilizou a média de 10 minutos e no protocolo submáximo, que utilizou o VO_2 pico



Figura 2-Voluntário utilizando o analisador de gases Cosmed K4 b².

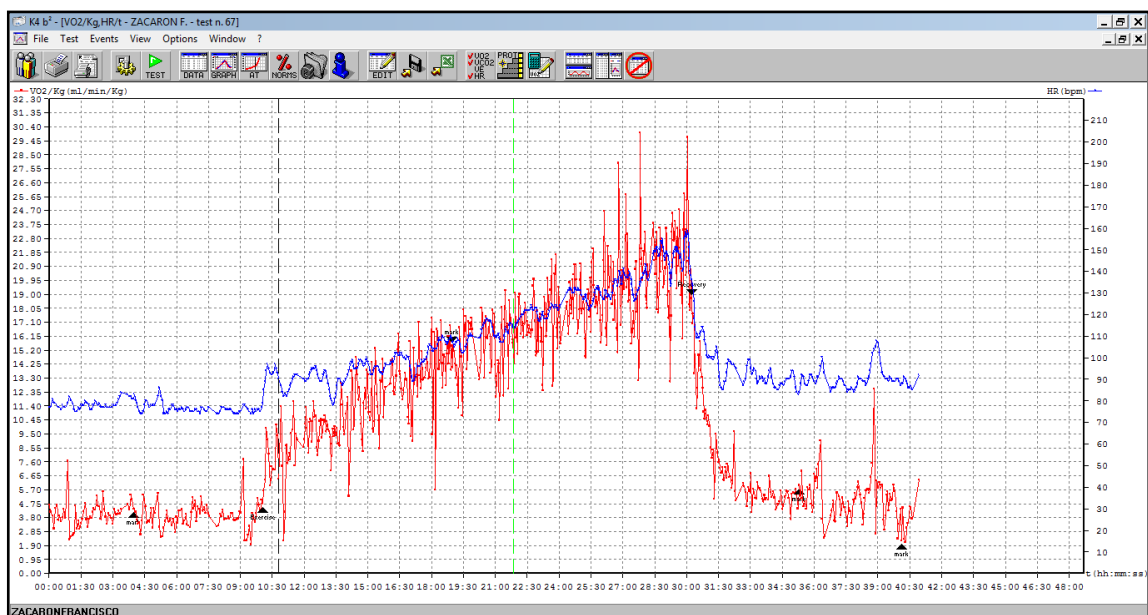


Figura 3- Traçado do consumo de oxigênio (vermelho) e frequência cardíaca (azul), durante um protocolo, utilizando o programa K4B10_10.0C.

4.3.7- Avaliação na postura supina e ortostática

Para avaliação de repouso na postura supina e ortostática, os indivíduos deveriam estar em jejum por 12 horas, para evitar interferência do poder calorífico dos alimentos, em relação ao VO_2 (WEIR, 1949). As coletas foram realizadas no Laboratório de Avaliação Física do HU/CAS da UFJF e iniciaram no período de 8:00 à 8:30h da manhã. Em ambas as avaliações, os amputados utilizavam a prótese de membro inferior.

Para avaliação de repouso na postura supina, os voluntários permaneceram nessa posição por 30 minutos, utilizando a máscara facial e o K4 devidamente acoplado. Foi orientado aos voluntários que permanecessem em repouso, evitando movimentar-se e mantendo-se acordado. A FC e os gases respirados foram coletados continuamente e, para análise dessas variáveis, foi utilizada a média dos 10 minutos finais do protocolo (WEIR, 1949). A PA foi aferida no décimo minuto do início do protocolo.

Posteriormente à avaliação em supino, os voluntários foram orientados a rolar para decúbito lateral, com semi-flexão das pernas, passar para a postura sentada na maca e, em seguida, adotar a postura ortostática. Os voluntários permaneceram por 10 minutos nessa postura, apoiando-se na maca, para evitar desequilíbrio que pudessem interferir nos resultados. Durante todo o protocolo, o VO_2 e a FC foram mensuradas e, no 5º minuto, foi aferida a PA. Para análise dos resultados do VO_2 e da FC nessa postura, foi utilizada a média dos três minutos finais do protocolo. Durante esse protocolo, se a FC e o VO_2 não se estabilizassem, seria aumentado o tempo de protocolo na postura ortostática.

Para avaliação das respostas obtidas na postura supina e ortostática, foram utilizados os valores brutos de todas as variáveis analisadas. Também foram calculados os valores líquidos, obtidos por meio dos deltas das variáveis na postura ortostática, menos os valores obtidos na postura supina e, dessa forma, foi possível avaliar os valores necessários para manter-se na postura ortostática.

4.3.8- Protocolo de marcha na esteira rolante

Para avaliação da marcha, os indivíduos deambularam em quatro velocidades (2, 3, 4 e 5 km/h). Posteriormente à realização do protocolo, os indivíduos responderam qual a velocidade que foi mais agradável para deambular. A partir da resposta dos amputados, foi estabelecida qual seria a velocidade analisada nesse estudo.

O protocolo de avaliação da marcha foi intervalado e a ordem de aplicação de cada velocidade foi estabelecida por meio de sorteio, para cada voluntário. Utilizou-se a esteira rolante da marca Ibramed®, modelo ATL 10200 (Figura 4).

O protocolo iniciou com repouso por 10 minutos na posição sentada, com os voluntários já fazendo o uso da máscara facial, manguito no membro superior esquerdo e com o K4 acoplado. Posteriormente, realizou-se um aquecimento de 1 minuto a 2,0 km/h, seguido de 10 minutos de caminhada na primeira velocidade sorteada e 1 minuto de desaquecimento a 2,0 km/h. Em seguida, os voluntários descansaram por no mínimo 10 minutos na postura sentada. Os mesmos procedimentos foram repetidos com as outras velocidades. Durante a recuperação, quando os valores de FC e VO_2 não retornaram aos valores pré-exercício, foi aumentado o tempo de descanso entre as velocidades (Figura 4).

A FC e os gases respirados foram avaliados continuamente (Figura 5), entretanto, para análise dos resultados, utilizaram-se apenas os três minutos finais de cada velocidade. A PA foi avaliada pelo método auscultatório no quinto minuto de repouso, exercício e recuperação. A percepção de esforço (PSE) foi avaliada no décimo minuto de cada velocidade, por meio da Escala de Borg Modificada (BORG, 1982) (Anexo 5),

Para avaliação das respostas obtidas durante a marcha, foram utilizados os valores brutos de todas as variáveis, obtidas na velocidade selecionada como a mais agradável para os amputados. Também foram calculados os valores líquidos durante a marcha, por meio da subtração dos valores obtidos durante a marcha, menos os obtidos no protocolo de repouso na postura ortostática. Por meio dos valores líquidos foi possível isolar os componentes de repouso e ortostático, dos valores durante a marcha e, dessa forma, identificar os valores necessários para deambular.



Figura 4- Protocolo de marcha na esteira rolante.

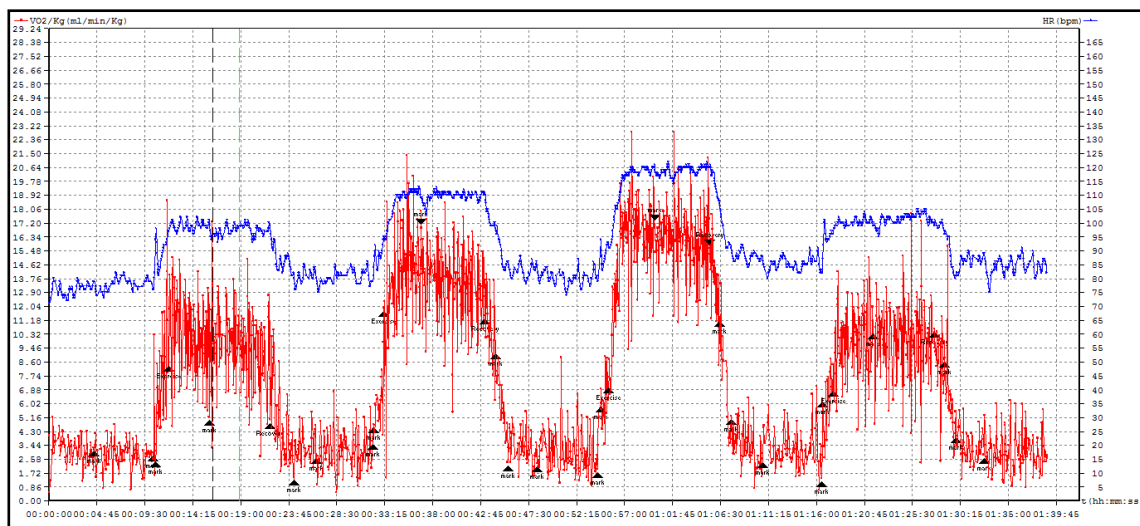


Figura 5- Curva de consumo de oxigênio (traçado vermelho) e a frequência cardíaca (traçado azul), durante o protocolo de marcha de um voluntário, que foi avaliado na seguinte ordem de velocidade: 3, 4, 5 e 2 km/h.

4.3.9- Teste submáximo de membros superiores

O teste submáximo de MMSS foi realizado para estimar a capacidade aeróbia máxima dos voluntários. O procedimento foi realizado em cicloergômetro com resistência mecânica, modelo Monark® adaptado para MMSS (Figura 6). Inicialmente, os indivíduos foram posicionados na cadeira do cicloergômetro, com pernas fletidas a 90° e foram ajustadas a altura e o afastamento da cadeira, para

posicionamento adequado dos MMII e MMSS (Figura 7). Durante o teste os amputados utilizaram suas próteses de MMII.



Figura 6- Cicloergômetro adaptado para membros superiores.

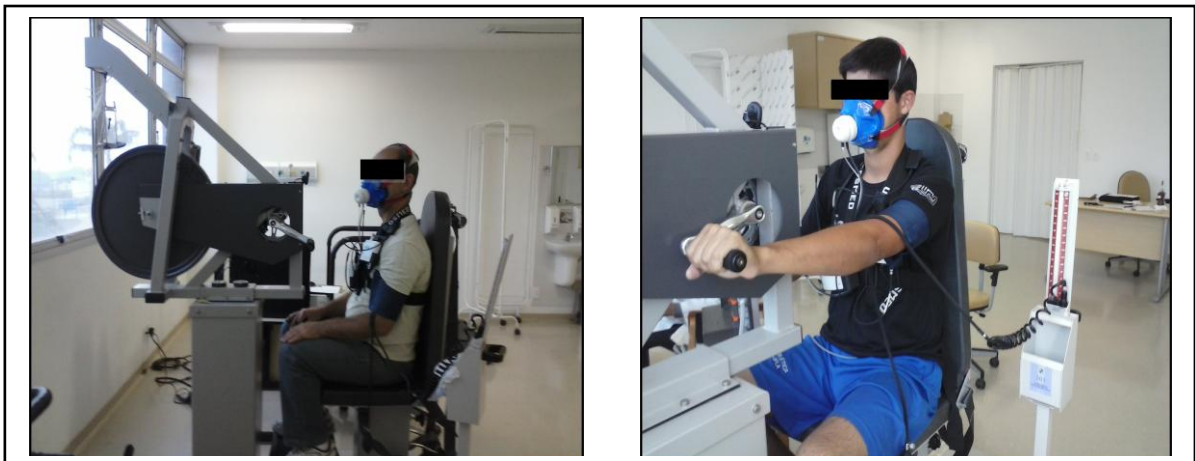


Figura 7- Posicionamento do voluntário no cicloergômetro de membros superiores.

Antes de iniciar o teste, os participantes permaneceram na postura sentada em repouso, por dez minutos, fazendo o uso da máscara facial para coleta dos gases expirados, manguito no membro superior esquerdo para aferição da PA e eletrodos para monitorização eletrocardiográfica (Figura 8).

O protocolo iniciou-se com um aquecimento por dois minutos com carga 10 W e, posteriormente, foram incrementados 20 W a cada dois minutos, até que os

indivíduos atingissem 85% da FC máxima prevista pela idade ou presença de sinais e/ou sintomas que recomendassem a interrupção do teste, de acordo com as recomendações da Sociedade Brasileira de Cardiologia (MENEZES et al., 2010). A cadência foi fixada em 60 rpm. Após a realização do protocolo os indivíduos foram monitorados durante 10 minutos.

Os gases respirados, a FC e a monitorização eletrocardiográfica foram avaliados continuamente (Figura 9). A PA foi avaliada pelo método auscultatório no 5º minuto de repouso, durante os 30 segundos finais de cada estágio e no 5º e 10º de recuperação. Para avaliação da PA durante o protocolo submáximo, os indivíduos continuavam o exercício com o membro superior direito e um dos pesquisadores ajudava a manter a rotação do lado esquerdo e, dessa forma, a PA foi avaliada no membro superior esquerdo dos voluntários. O índice de PSE de esforço foi avaliado ao final de cada estágio, utilizando a Escala Modificada de Borg (BORG, 1982) (Anexo 7).

Para estimar a capacidade aeróbia do voluntário, utilizou o VO_2 pico e o VO_2 máximo estimado por meio do programa K4B2_10.0C, que utilizou a curva do VO_2 em função da FC e o cálculo de regressão linear, levando em consideração a FC máxima prevista por meio da idade ($220 - \text{idade}$) (Figura 10).



Figura 8- Protocolo submáximo de membros superiores.

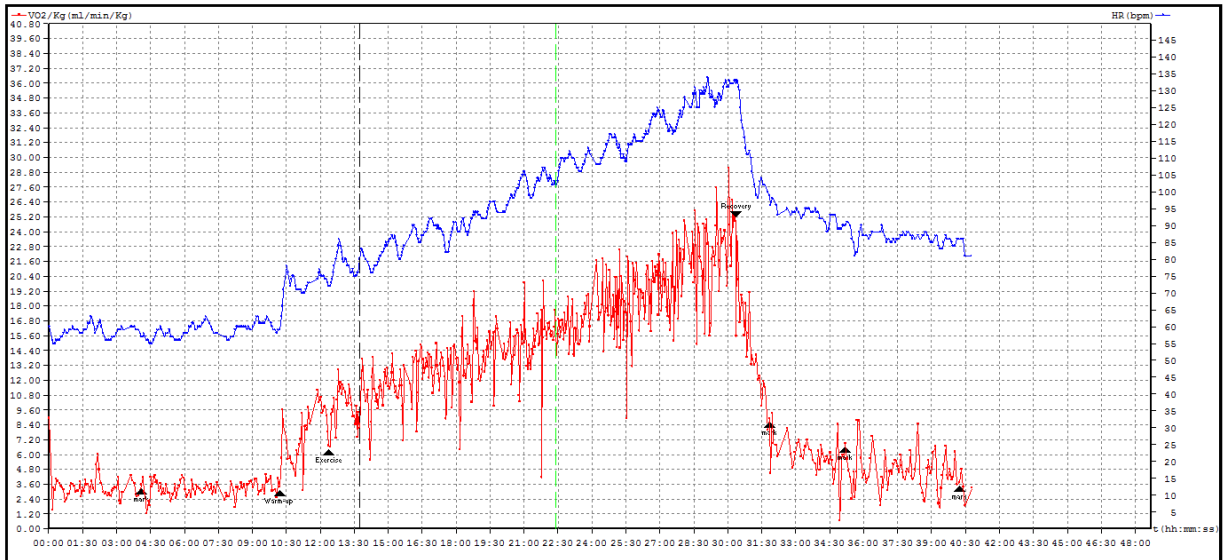


Figura 9- Curva de consumo de oxigênio (traçado vermelho) e a frequência cardíaca (traçado azul), durante o teste submáximo de membros superiores.

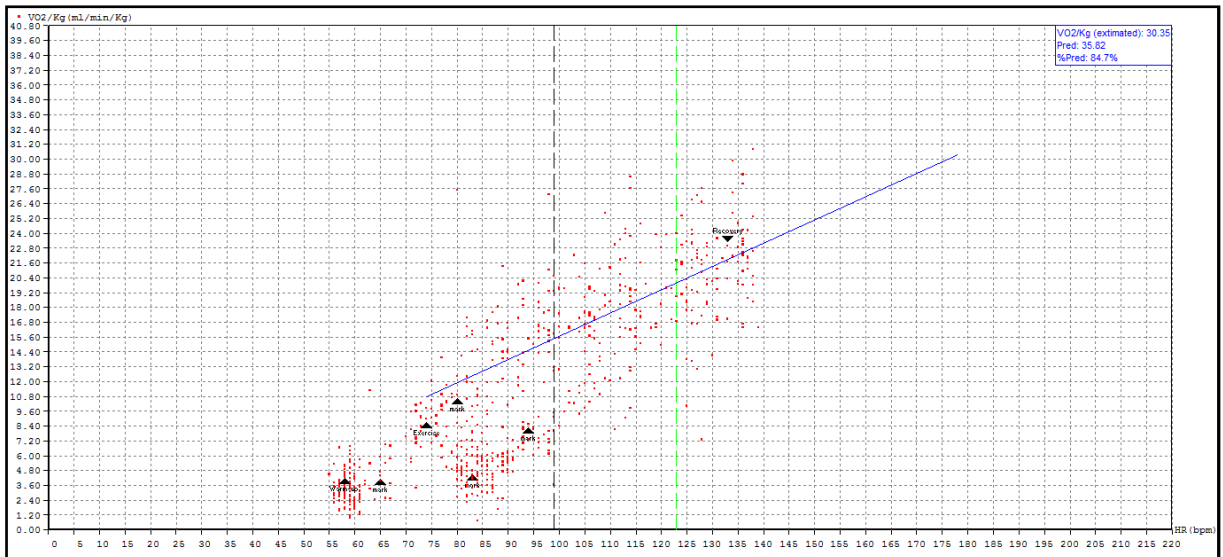


Figura 10- Cálculo do consumo de oxigênio máximo estimado, através de regressão linear, por meio do programa K4B2_10.0C. Os resultados de consumo de oxigênio de um voluntário de 42 anos foi plotado em função da frequência cardíaca, durante o teste submáximo de membros superiores.

4.3.10- Exercício contínuo no cicloergômetro de membros superiores

Para avaliação do exercício aeróbio contínuo de MMSS os voluntários foram avaliados em um protocolo intervalado, durante quatro cargas (20, 30, 40 e 50 W), no cicloergômetro modelo Monark, adaptado para MMSS. A ordem de aplicação de cada carga foi estabelecida previamente por sorteio, para cada indivíduo. Posteriormente à realização do protocolo, os indivíduos responderam qual foi a

carga mais agradável para realizar o exercício. A partir da resposta dos amputados e foi estabelecido qual seria a carga analisada nesse estudo.

Inicialmente, os indivíduos foram posicionados na cadeira do cicloergômetro, com pernas fletidas a 90° e foram ajustadas a altura e o afastamento da cadeira, para posicionamento adequado dos MMII e MMSS. Durante o protocolo, os voluntários foram orientados a não fletir demasiadamente o tronco, mantendo-se encostados à cadeira. Nesse protocolo, os amputados utilizavam suas próteses.

O protocolo iniciou-se com repouso por 10 minutos na posição sentada no cicloergômetro, com os voluntários já fazendo o uso da máscara facial, manguito no membro superior esquerdo e com o K4 acoplado. Posteriormente, foi realizado um aquecimento de 1 minuto com carga de 10 W, seguido de 10 minutos de exercício na carga sorteada, mantendo a rotação em 60 rpm. Ao término desse tempo, os indivíduos repousaram na postura sentada, por 10 minutos ou até que FC e VO₂ retornassem aos valores pré-exercício. Em seguida, os mesmos procedimentos foram repetidos com as outras cargas.

A FC e os gases espirados foram avaliados continuamente (Figura 11), entretanto, para análise dos resultados, utilizaram-se apenas os três minutos finais de cada carga. A PA foi avaliada pelo método auscultatório no quinto minuto de repouso, exercício e recuperação. Para avaliação da PA, o indivíduo continuava o exercício com o membro superior direito e um dos pesquisadores ajudava a manter a rotação do lado esquerdo e, dessa forma, a PA foi avaliada no membro superior esquerdo. A PSE, por meio da Escala de Borg Modificada (BORG, 1982) (Anexo 5), foi avaliada no décimo minuto de cada carga.

Para avaliação das respostas obtidas durante o protocolo aeróbio contínuo de MMSS, foram utilizados os valores brutos de todas as variáveis, obtidas na carga selecionada como a mais agradável para os amputados. Também foram avaliados os valores líquidos durante o exercício, por meio da subtração dos valores obtidos durante o exercício menos os valores do protocolo de repouso na postura supina. Por meio dos valores líquidos foi possível identificar os valores de cada variável, que foram necessários para manter o exercício.

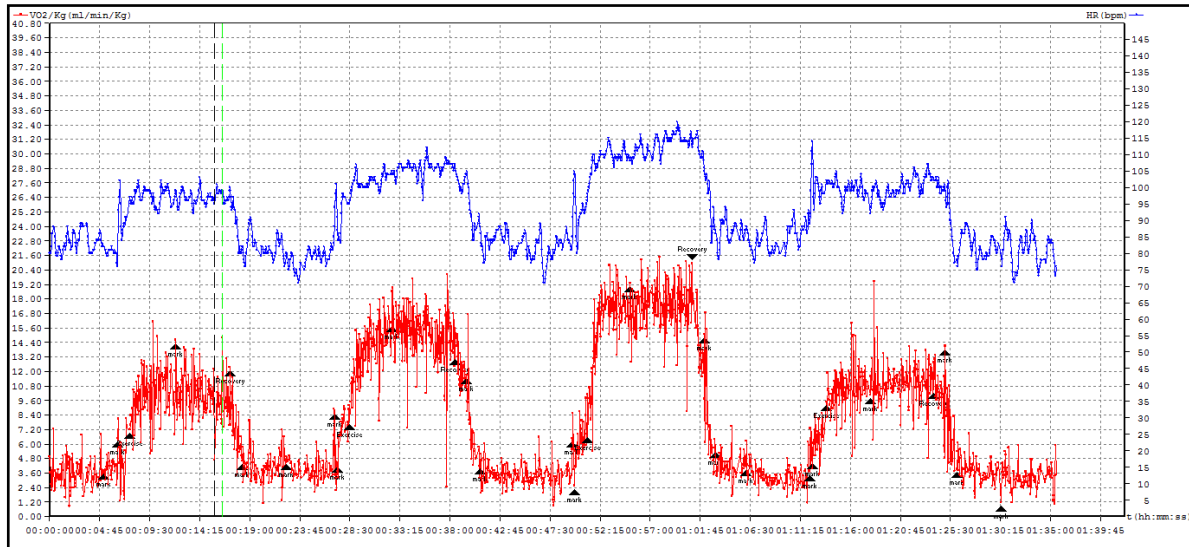


Figura 11-Curva de consumo de oxigênio (traçado vermelho) e a frequência cardíaca (traçado azul), durante o protocolo contínuo de cicloergômetro de membros superiores, de um voluntário, que foi avaliado a 30, 40, 50 e 20W.

4.4- Análise dos dados

Foi calculado o tamanho da amostra, por meio do tamanho do efeito, utilizando os resultados de FC e VO_2 , durante a marcha de amputados de MMII em estudos prévios. Adotou-se um poder de 80% (CHAN, 2003; COHEN, 1988).

Os resultados foram apresentados no texto e nas tabelas por meio de média e desvio padrão. Para a análise dos dados, foi realizado o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* e analisada a homogeneidade de variância, por meio do *Teste de Levene*. Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e homogeneidade de variância, exceto o VO_2 , durante todas as avaliações. Portanto, para comparação entre os grupos, foi realizado o teste *t de Student* para todas as variáveis, exceto para o VO_2 , para o qual foi utilizado o teste não paramétrico de *Mann Whitney*. Para correlacionar as variáveis durante o repouso e marcha com os valores de VO_2 , foi utilizada a *Correlação de Spearman*. Foi adotado o nível de significância de 5%.

Para as comparações entre os grupos, além do nível de significância, também foi calculado o tamanho do efeito, que indica a relevância clínica dos dados (COHEN, 1988; LOUREIRO; GAMEIRO, 2011). O tamanho do efeito foi calculado a partir dos valores de “*d de Cohen*”, por meio da seguinte fórmula: “*d de Cohen* = $(\mu_1 - \mu_2) / DP_{\text{médio}}$ ”, em que os símbolos “ μ_1 e μ_2 ” representam as médias das variáveis dos grupos e “ $DP_{\text{médio}}$ ”, média dos desvios-padrão dos grupos, em relação à variável analisada (COHEN, 1988; LOUREIRO; GAMEIRO, 2011). A partir do valor do “*d de*

Cohen”, o tamanho do efeito pode ser classificado como pequeno, médio e grande, conforme a Tabela 1 (COHEN, 1988).

Tabela 1- Interpretação do tamanho do efeito:

Tamanho do efeito	“<i>d</i> de Cohen”
Pequeno	< 0,2
Médio	0,2 a 0,8
Grande	> 0,8

5. RESULTADOS

5.1- Caracterização da amostra

Foram recrutados 17 voluntários com amputações de MMII e 13 indivíduos sem amputações. Do grupo de amputados, foram excluídos dois voluntários com amputação vascular, dois hipertensos β -bloqueados e dois do nível transfemoral. Do grupo controle, foram excluídos dois indivíduos, um que utilizava β -bloqueador e outro que possuía arritmia cardíaca.

Participaram do estudo 22 indivíduos do sexo masculino, 11 amputados transtibiais unilaterais, de origem traumática e 11 indivíduos sem amputações. Os grupos não diferiram em relação à média de idade, características antropométricas, comprimento do membro inferior, nível de atividade física e capacidade aeróbia máxima, estimada a partir do teste submáximo de MMSS, conforme pode ser observado na Tabela 2. Todos os amputados utilizavam prótese do tipo KBM, 9 utilizavam pés não articulado tipo SACH e 2 pés articulados de fibra de carbono.

Tabela 2- Caracterização da amostra (média \pm desvio padrão):

	Amputados (N=11)	Não Amputados (N=11)	p valor
Idade (anos)	41,5 \pm 11,9	37,0 \pm 11,1	0,36
Tempo de amputação (anos)	14,9 \pm 3,0	-	-
Tempo de protetização (anos)	12,7 \pm 2,9	-	-
Massa da prótese (kg)	2,2 \pm 0,7	-	-
Massa Corporal (kg)	78,4 \pm 14,3	84,5 \pm 9,9	0,25
Estatura (m)	1,73 \pm 0,47	1,77 \pm 0,08	0,16
IMC (kg/m ²)	26,1 \pm 4,1	27,0 \pm 3,6	0,57
IMC corrigido (kg/m ²)	27,3 \pm 4,0	27,0 \pm 3,6	0,89
Percentual de gordura corporal (%)	25,6 \pm 8,8	24,0 \pm 6,9	0,63
Comprimento do membro inferior (cm)	100,3 \pm 5,4	100,1 \pm 7,2	0,94
Nível de atividade física habitual	7,9 \pm 1,1	7,3 \pm 1,1	0,22
VO ₂ máx estimado (MMSS) (ml/kg/min)	27,4 \pm 4,5	28,1 \pm 7,4	0,78

5.2- Avaliação do consumo de oxigênio e das variáveis cardiovasculares em supino e na postura ortostática

Ao analisar os resultados obtidos na avaliação de repouso, na postura supina e na ortostática, os amputados apresentaram maiores valores de FC, PA e VO₂, quando comparado aos não amputados. Em relação ao tamanho do efeito, para todas as comparações, o mesmo foi classificado como grande (Tabela 3).

Tabela 3- Caracterização da amostra na postura supina e ortostática (média ± desvio padrão):

	Grupo		Tamanho do efeito	
	Amputados (N=11)	Não Amputados (N=11)	Valor	Interpretação
Postura Supina				
FC (bpm)	67,0±8,1	58,7±5,5*	1,20	Grande
PAS (mmHg)	122,0±8,9	113,8±8,0*	0,96	Grande
PAD (mmHg)	82,7±4,9	77,1±5,9*	1,04	Grande
VO ₂ (ml/kg/min)	3,9±0,8	3,2±0,4*	1,10	Grande
Postura Ortostática				
FC (bpm)	79,3±11,4	70,2±6,9*	0,99	Grande
PAS (mmHg)	126,0±9,7	115,8±9,4*	1,06	Grande
PAD (mmHg)	83,8±6,3	78,2±6,1*	0,90	Grande
VO ₂ (ml/kg/min)	4,4±1,1	3,5±0,5*	1,11	Grande

*Diferença estatisticamente significativa em relação aos amputados.

Ao correlacionar o VO₂ e a FC obtidos na postura supina, não houve correlação significativa para ambos os grupos (amputado p=0,25, r=0,37; não amputado p=0,93, r=0,27) (Figura 12). Entretanto, em relação aos valores obtidos na postura ortostática, houve correlação positiva para os indivíduos amputados (p=0,01; r=0,69), o que não ocorreu para os não amputados (p=0,65, r=0,15) (Figura 13).

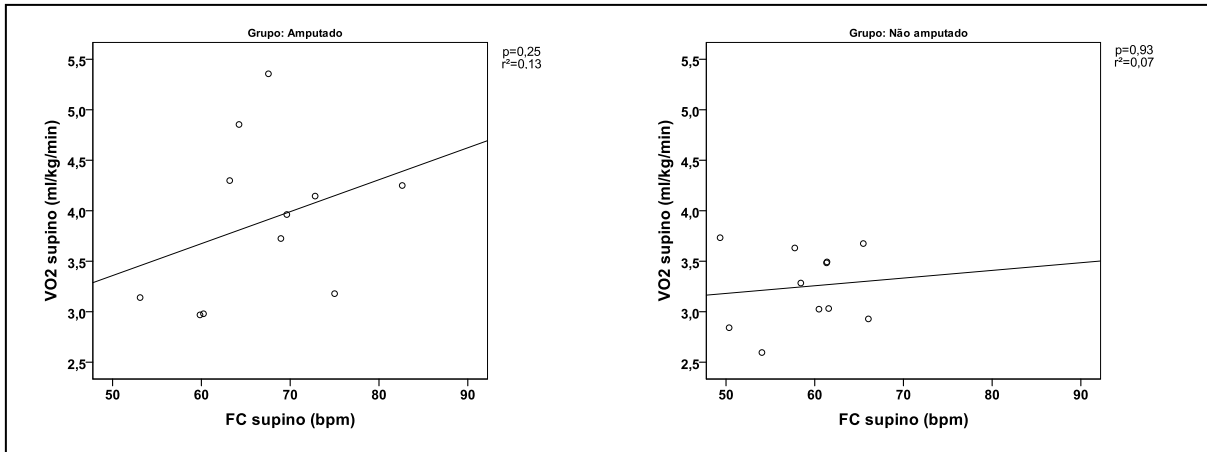


Figura 12- Correlação entre a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na postura supina, em indivíduos amputados e não amputados.

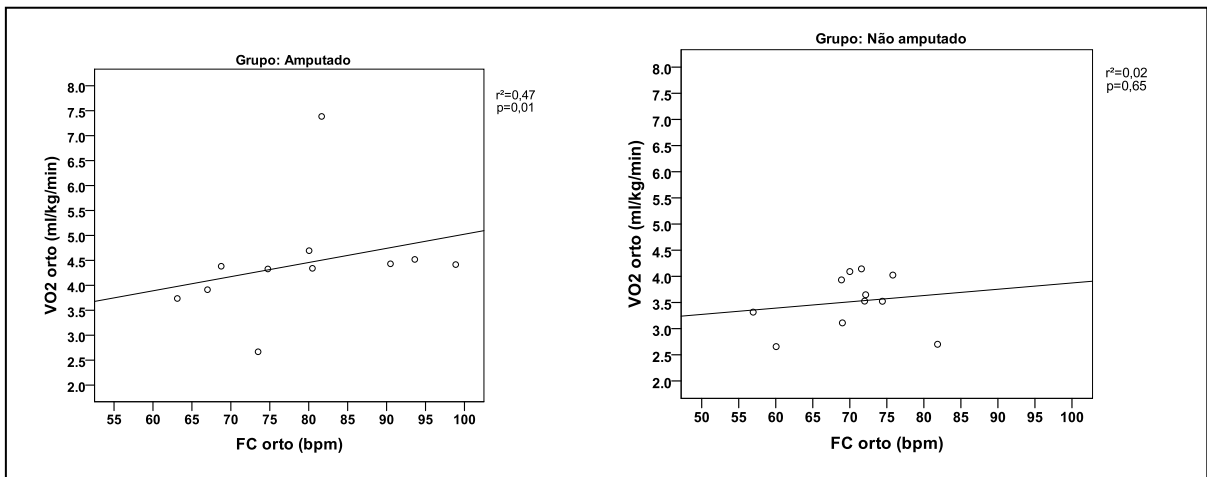


Figura 13- Correlação entre a frequência cardíaca (FC orto) e o consumo de oxigênio na postura ortostática (VO₂ orto) em indivíduos amputados e não amputados.

Ao correlacionar o VO₂ na postura ortostática com os valores de VO₂ obtidos na postura supina, para ambos os grupos, houve correlação positiva e significativa para os amputados (p=0,001; r=0,86) e para os não amputados (p=0,03; r=0,63), entretanto essa correlação foi mais significativa para os amputados (Figura 14).

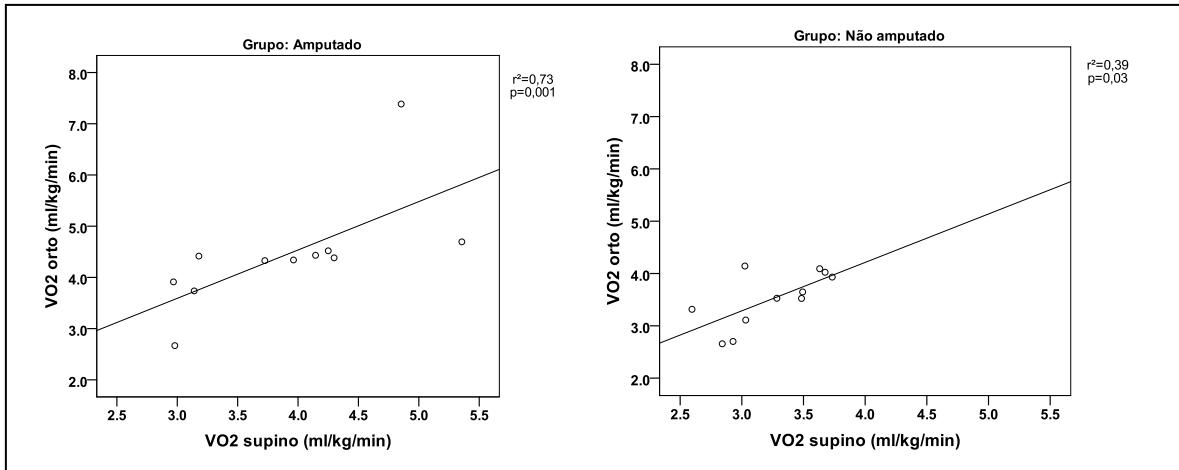


Figura 14- Correlação entre o consumo de oxigênio na postura supina (VO_2 supino) e o consumo de oxigênio na postura ortostática (VO_2 orto) em indivíduos amputados e não amputados.

5.3- Valor líquido do consumo de oxigênio e das variáveis cardiovasculares durante a postura ortostática

Ao avaliar os valores líquidos das variáveis na postura ortostática, subtraindo os valores de VO_2 , FC, PAS e PAD obtidos na postura ortostática, dos valores obtidos em supino, não houve diferença significativa entre os grupos em nenhuma das variáveis analisadas. Para todas as comparações, o tamanho do efeito foi classificado como pequeno (Tabela 4).

Tabela 4- Diferença da frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e consumo de oxigênio (VO_2) da postura ortostática com a supina (valores líquidos obtidos na postura ortostática):

	Grupo		Tamanho do efeito	
	Amputados (N=11)	Não Amputados (N=11)	Valor	Interpretação
Valores líquidos na postura ortostática				
FC (bpm)	12,3±5,6	11,5±4,3	0,15	Pequeno
PAS (mmHg)	4,0±4,0	2,0±4,1	0,49	Pequeno
PAD (mmHg)	1,1±3,0	1,1±3,0	0,00	-
VO_2 (ml/kg/min)	0,5±0,8	0,2±0,4	0,44	Pequeno

5.4- Consumo de oxigênio e variáveis cardiovasculares durante a marcha

Ao analisar a marcha na esteira rolante, a maioria dos amputados (82%) selecionou a velocidade de 4,0 km/h como a mais agradável para deambular, dentre

as estudadas (2,0; 3,0; 4,0 e 5,0km/h). Em relação aos não amputados, seis indivíduos (55%) selecionaram a velocidade de 5,0 km/h e cinco (45%) selecionaram a de 4,0 km/h como a mais agradável. Dessa forma, optou-se por analisar as respostas metabólicas e cardiovasculares da marcha, na velocidade de 4,0 km/h.

Durante a marcha, os amputados apresentaram maior VO_2 , FC, PA e PSE, quando comparados aos indivíduos não amputados. Para todas as variáveis, o tamanho do efeito foi grande (Tabela 5).

Ao analisar os valores líquidos das variáveis durante a marcha, houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação ao VO_2 e FC, com os maiores valores apresentados pelos amputados. O tamanho do efeito foi classificado como grande para VO_2 e FC e médio para PAS e PAD (Tabela 5).

Tabela 5- Valores brutos durante a marcha e líquido (valores brutos durante a marcha, subtraídos dos valores obtidos no protocolo da postura ortostática), das variáveis: frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), consumo de oxigênio (VO_2) e percepção subjetiva de esforço (PSE):

	Grupo		Tamanho do efeito	
	Amputados (N=11)	Não Amputados (N=11)	Valor	Interpretação
Valores brutos da marcha				
FC (bpm)	113,1±17,9	90,9±9,4*	1,62	Grande
PAS (mmHg)	135,8±8,7	120,0±10,1*	1,67	Grande
PAD (mmHg)	84,9±5,0	76,1±8,4*	1,30	Grande
VO_2 (ml/kg/min)	15,8±2,3	11,5±0,9*	2,58	Grande
PSE	3,2±1,5	1,1±0,7*	1,87	Grande
Valores líquidos da marcha				
FC (bpm)	33,8±15,0	20,7±8,0*	1,13	Grande
PAS (mmHg)	9,8±10,1	4,2±7,5	0,64	Médio
PAD (mmHg)	1,1±6,3	-2,0±6,8	0,46	Médio
VO_2 (ml/kg/min)	11,3±2,2	8,0±0,1*	2,04	Grande

*Diferença estatisticamente significativa em relação aos amputados

Ao correlacionar o VO_2 de repouso, obtido no protocolo de avaliação na postura supina, com o VO_2 da marcha, na velocidade de 4,0 km/h, houve correlação significativa e positiva ($r=0,60$; $p=0,04$) para os indivíduos amputados, o que não ocorreu para os não amputados ($r=-0,32$; $p=0,32$) (Figura 15).

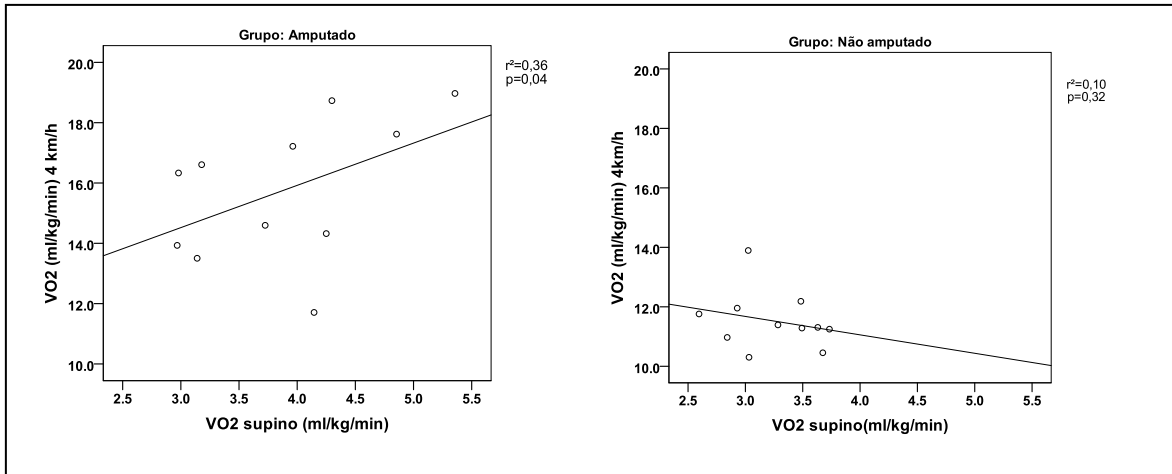


Figura 15- Correlação entre o consumo de oxigênio (VO_2) em repouso na postura supina, com os valores obtidos na velocidade 4,0km/h, em indivíduos amputados e não amputados.

Na marcha, ao correlacionar os valores de FC com os de VO_2 , obteve-se uma correlação positiva para os indivíduos amputados ($p=0,01$; $r=0,70$), o que não ocorreu para os não amputados ($p=0,20$; $r=0,41$). Portanto, a variação do VO_2 dos amputados na marcha foi explicada em 49% por meio da variação da FC durante a marcha (Figura 16).

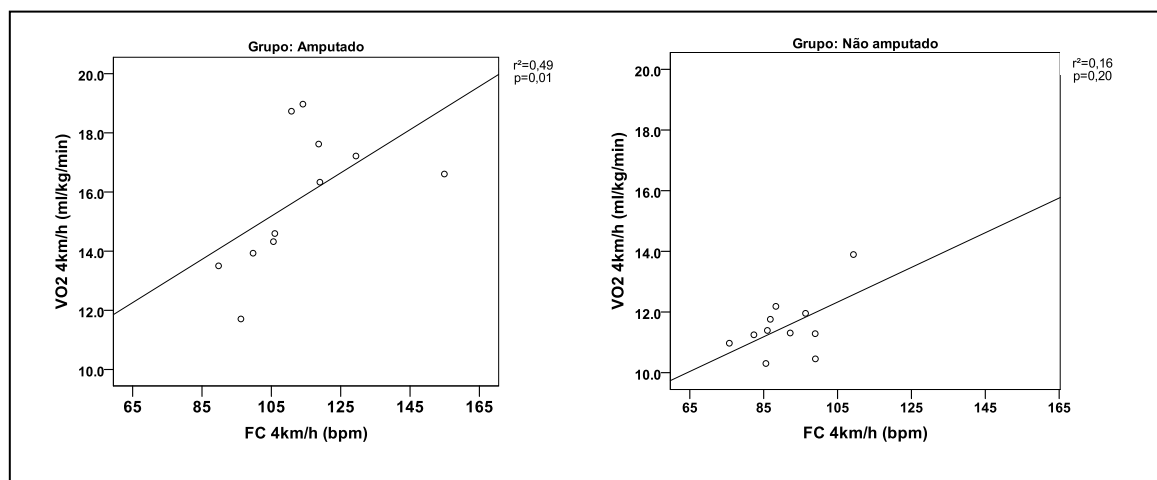


Figura 16- Correlação entre a frequência cardíaca (FC) com o consumo de oxigênio (VO_2) durante a marcha, em indivíduos amputados e não amputados.

5.5- Contribuição de cada postura para o consumo de oxigênio durante a marcha

Durante a marcha, na velocidade de 4,0 km/h, os amputados apresentaram maior VO_2 que os indivíduos não amputados. Ao avaliar a contribuição de cada

postura para o VO_2 bruto da marcha, foi observado que a maior diferença entre os grupos ocorreu ao avaliar os valores líquidos da marcha, seguidos da diferença obtida em repouso na postura supina (Figura 17).

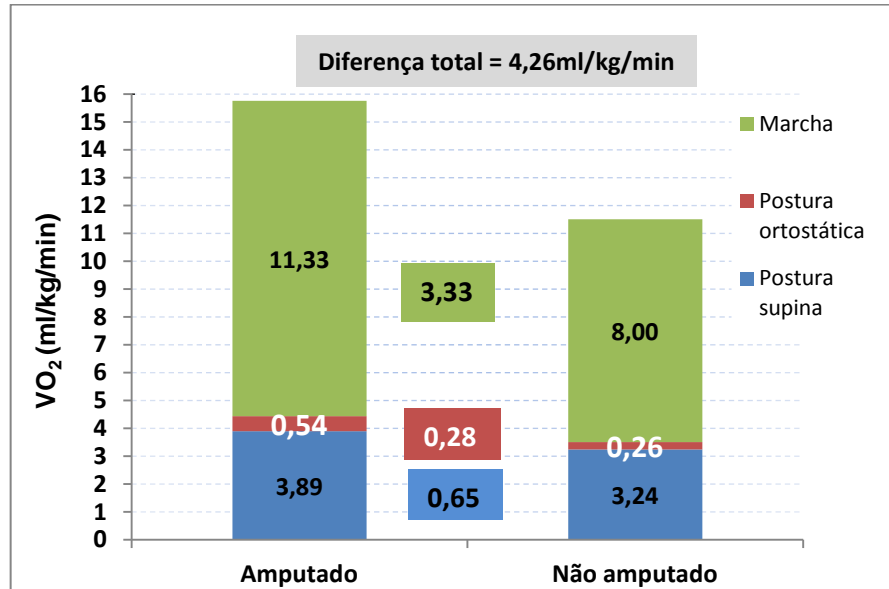


Figura 17- Contribuição de cada postura (supina, ortostática e marcha a 4 km/h) no consumo de oxigênio (VO_2) dos indivíduos amputados e não amputados, durante a marcha.

5.6- Consumo de oxigênio e variáveis cardiovasculares durante atividade aeróbia contínua de membros superiores

Ao avaliar o teste submáximo no cicloergômetro de MMSS, não houve diferença entre os grupos em relação ao VO_2 pico e o máximo estimado. Os amputados apresentaram média de VO_2 pico e máximo estimado, respectivamente de, $17,86 \pm 3,75$ ml/kg/min e $27,39 \pm 4,53$ ml/kg/min, já os não amputados apresentaram, respectivamente, $20,43 \pm 4,52$ ml/kg/min e $28,11 \pm 7,41$ ml/kg/min.

Durante o teste aeróbio contínuo de MMSS, a maioria dos indivíduos, de ambos os grupos, selecionou a carga de 40 W como a mais agradável. A partir desse resultado, foi estabelecido que se utilizasse a carga de 40 W como padrão para as análises das respostas ao exercício de MMSS. Essa carga representou um VO_2 em torno de 40% o VO_2 máximo estimado para os amputados e 34% para os indivíduos não amputados, representando uma atividade leve.

Durante a atividade aeróbia contínua de MMSS, na carga de 40 W, os amputados apresentaram maior VO_2 , FC, PAS e PSE em relação aos não

amputados. Nessa atividade, o tamanho do efeito foi grande para todas as variáveis, exceto para a PAD, que foi médio (Tabela 6).

Ao analisar os valores líquidos das variáveis durante o exercício contínuo de MMSS, foi observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos apenas em relação ao VO_2 , que foi maior para os amputados e apresentou tamanho do efeito classificado como grande (Tabela 6).

Tabela 6- Consumo de oxigênio e variáveis cardiovasculares durante atividade aeróbia contínua no cicloergômetro de membro superior (valores brutos) e diferença dos valores obtidos durante o exercício de MMSS, com os observados na postura supina (valores líquidos):

	Grupo		Tamanho do efeito	
	Amputados (N=11)	Não Amputados (N=11)	Valor	Interpretação
Valores brutos na carga 40 W				
FC (bpm)	106,8±14,9	95,0±8,7*	0,99	Grande
PAS (mmHg)	138,9±11,9	124,5±11,5*	1,22	Grande
PAD (mmHg)	86,2±6,4	80,7±8,8	0,71	Médio
VO_2 (ml/kg/min)	12,3±2,7	9,5±0,9*	1,56	Grande
PSE	4,0±1,2	2,9±1,0*	0,97	Grande
Valores líquidos na carga 40 W				
FC (bpm)	39,8±13,1	36,3±5,3	0,38	Pequeno
PAS (mmHg)	16,9±10,7	10,7±10,2	0,58	Médio
PAD (mmHg)	3,4±5,6	3,6±8,2	-0,02	-
VO_2 (ml/kg/min)	8,4±2,6	6,3±1,1*	1,15	Grande

*Diferença estatisticamente significativa em relação aos amputados.

5.7- Contribuição da postura supina para o consumo de oxigênio na carga de 40 W em exercício no cicloergômetro de membros superiores

Durante o exercício aeróbio contínuo no cicloergômetro de MMSS, na carga de 40 W, os amputados apresentaram maior VO_2 , comparados aos indivíduos não amputados. Ao avaliar a contribuição da postura supina e dos valores líquidos do exercício, os amputados apresentavam maior VO_2 na postura supina e durante o exercício (Figura 18).

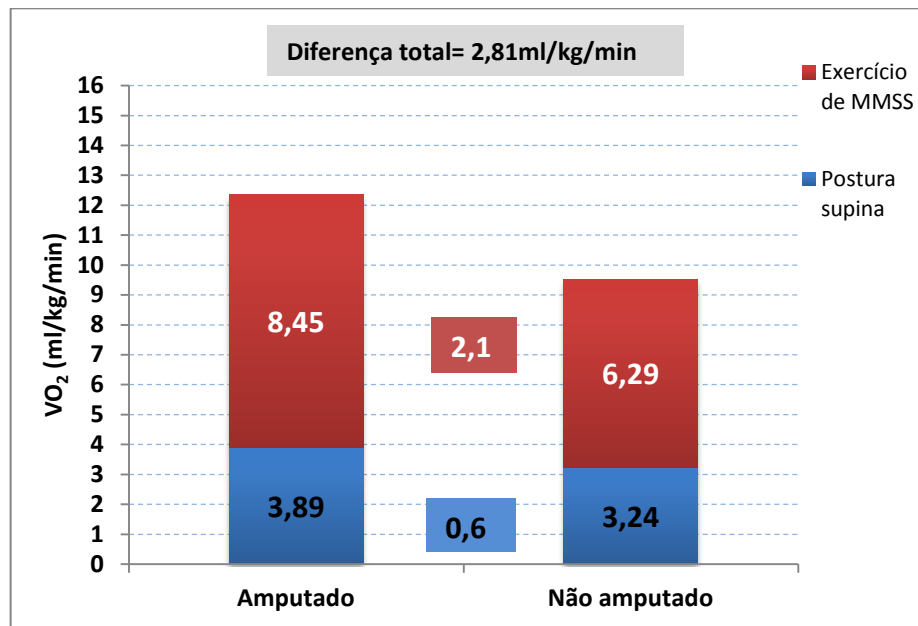


Figura 18- Contribuição do consumo de oxigênio (VO_2) durante o repouso e valores líquidos obtidos no exercício de membros superiores (MMSS), em relação ao VO_2 da carga de 40 W, nos indivíduos amputados e não amputados.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como principal objetivo avaliar, se os amputados transtibiais traumáticos apresentam maior VO_2 durante o repouso, que, associado à maior FC, poderia interferir no maior VO_2 durante a postura ortostática, marcha e exercício aeróbio envolvendo os MMSS.

Como principais resultados verificou-se que os amputados apresentaram maior VO_2 , FC e PA em repouso na postura supina, na ortostática, durante a marcha e atividade aeróbia de MMSS. O VO_2 de repouso interferiu nos valores durante a postura ortostática e marcha. Na postura ortostática e marcha a FC correlacionou-se com os valores de VO_2 .

6.1- Avaliação na postura supina

Os amputados não diferiram dos indivíduos não amputados em relação à idade, massa corporal, IMC, percentual de gordura e nível de atividade física habitual - características que interferem no VO_2 em repouso e durante atividades aeróbias. Além disso, os grupos não diferenciaram em relação ao VO_2 máximo estimado e, dessa forma, ambos os grupos apresentavam o mesmo nível de aptidão aeróbia.

Durante todos os protocolos, os indivíduos foram avaliados no período da manhã, no mesmo horário e local, para evitar interferência do ritmo circadiano e condições climáticas sobre as variáveis estudadas. Ao avaliar o VO_2 em repouso, foi padronizado que todos os indivíduos deveriam estar em jejum e, durante a realização do protocolo, deveria permanecer na postura supina, sem movimentar-se, por no mínimo 30 minutos, para análise dos gases espirados, conforme é preconizado pela literatura (WEIR, 1949).

Ao analisar os resultados obtidos em repouso na postura supina notou-se que os amputados transtibiais traumáticos possuíam maior VO_2 e resposta cardiovascular, identificada por meio dos maiores valores de FC e PA. Os amputados apresentaram, em média, VO_2 0,65 ml/kg/min (83%) maior que os indivíduos não amputados, com grande tamanho de efeito. Dessa forma, os

amputados apresentaram maior metabolismo de repouso e respostas cardiovasculares, comparados aos não amputados.

O VO_2 normalmente se correlaciona com a FC (MCARDLE et al., 2008), entretanto, no presente estudo, essa correlação não foi observada, para ambos os grupos, apesar dos amputados terem apresentado maior VO_2 e FC. Na literatura está evidente que os amputados traumáticos de MMII possuem alterações autonômicas, que justificam a maior FC de repouso desses indivíduos e à propensão a maiores níveis de PA (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; PELES et al., 1995; ROSE, H. G. et al., 1986), conforme foi encontrado em nosso estudo.

Em relação ao maior VO_2 de repouso, não foram encontrados estudos que pudessem ser confrontados com o nosso. Alguns autores avaliaram os dados pré-exercício para caracterizar a linha de base do VO_2 e não encontraram diferença entre os indivíduos, entretanto, os voluntários não foram avaliados em jejum e estavam na postura ortostática (pré-exercício) por um curto período (um minuto) (GAILEY, R. S. et al., 1994; GENIN et al., 2008). Além disso, esses autores não relataram a metodologia utilizada para avaliação dos indivíduos (GAILEY, R. S. et al., 1994; GENIN et al., 2008).

6.2- Avaliação na postura ortostática

Para avaliação na postura ortostática, todos os indivíduos deveriam ficar nessa postura apoiando-se na maca, para evitar o aumento da oscilação do centro de pressão corporal e de gravidade e, dessa forma, evitar aumento do VO_2 dos amputados, uma vez que há evidências que os amputados de MMII apresentam déficit de equilíbrio na postura ortostática (VAN VELZEN et al., 2006). Ao realizar o protocolo dessa forma, tentou-se neutralizar as alterações decorrentes da amputação.

Na postura ortostática, assim como na supina, os amputados apresentaram maiores valores de VO_2 e das variáveis cardiovasculares, ao serem comparados aos não amputados. O VO_2 dos amputados foi 0,92 ml/kg/min (79%) maior, com tamanho de efeito grande.

Diferente da postura supina, na ortostática, houve correlação positiva e moderadamente forte entre a FC e o VO_2 dos amputados. Esse resultado favorece a

nossa hipótese de o maior VO_2 dos amputados transtibiais possa estar relacionado às alterações cardiovasculares, justificadas por meio da maior FC e alterações autonômicas presentes nesses indivíduos (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; PELES et al., 1995; ROSE, H. G. et al., 1986).

Ao avaliar os valores líquidos de FC, PA e VO_2 na postura ortostática, foi observado que os resultados foram similares entre os indivíduos, ou seja, a mudança de postura interferiu igualmente em ambos os grupos. Entretanto, devido ao maior VO_2 dos amputados na postura supina, justificou o maior VO_2 na postura ortostática, uma vez que houve correlação positiva do VO_2 supino e ortostático nos amputados. A partir desses resultados, especula-se, que na postura ortostática os amputados possuem maior VO_2 devido às alterações em repouso, tanto metabólicas (maior VO_2), quanto cardiovasculares e autonômicas (aumento da FC).

Comparando os resultados desse estudo com os da literatura, não foram encontrados estudos que avaliassem a resposta metabólica e cardiovascular de amputados na postura ortostática, com protocolo específico para esse objetivo. Foram encontrados estudos que utilizaram o VO_2 e a FC na postura ortostática como linha de base, para comparação com resposta ao exercício (GAILEY, R. S. et al., 1994; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009). Nesses estudos, o VO_2 na postura ortostática não foi diferente entre os indivíduos estudados, diferentemente de nossos achados, entretanto a FC foi maior nos amputados, corroborando com os nossos resultados (GAILEY, R. S. et al., 1994; GENIN et al., 2008). Vale ressaltar que, nesses estudos, as variáveis na postura ortostática foram coletadas pré-exercício (GAILEY, R. S. et al., 1994; GENIN et al., 2008) e não foram especificados os protocolos de avaliação nessa postura.

6.3- Avaliação da marcha

Neste estudo, optou-se por selecionar voluntários que não diferissem em relação ao comprimento dos MMII, para não interferir na biomecânica da marcha, em relação ao comprimento do passo e da passada. Foram avaliados indivíduos com amputação transtibial traumática, porque, dependendo do nível e tipo de amputação há diferença no VO_2 desses indivíduos (WATERS; MULROY, 1999). Além disso, os amputados deveriam estar adaptados à prótese por no mínimo dois anos, deambular

sem dispositivos auxiliares de marcha e possuir prótese alinhadas, características que também interferem nas respostas metabólicas ao exercício (WATERS; MULROY, 1999).

Os voluntários desse estudo foram avaliados na mesma velocidade de marcha, pois, dependendo da velocidade, há alterações no padrão biomecânico e metabólico da locomoção humana (WATERS; MULROY, 1999). Além disso, a maioria dos estudos envolvendo amputados avaliou na VMA (DETREMBLEUR et al., 2005; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), que é menor para os amputados e, dessa forma, pode prejudicar a qualidade dos resultados.

Em nosso estudo, apesar de termos avaliado quatro velocidades de marcha, selecionamos a de 4,0 km/h para analisarmos, uma vez que foi a velocidade escolhida como a mais agradável para a maioria dos amputados. Além disso, esse valor está dentro da faixa de velocidade que é considerada mais agradável e econômica para amputados (GAILEY, R. S. et al., 1994; HOUDIJK et al., 2009; SCHMALZ et al., 2002; TRABALLES et al., 2008; YEUNG et al., 2012) e para o grupo controle (DETREMBLEUR et al., 2005).

Ao avaliar a resposta metabólica à marcha, observou-se que os amputados apresentaram maior VO_2 , conforme é relatado na literatura (DETREMBLEUR et al., 2005; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976). Os amputados apresentaram um VO_2 de 4,25 ml/kg/min (73%) superior, comparado aos não amputados, com tamanho de efeito grande. Além disso, esses indivíduos apresentaram maior resposta cardiovascular, identificada por meio dos maiores valores de FC e PA, semelhante ao estudo de Gailey *et al.* (1994), que encontraram maior FC nos amputados, durante a VMA (4,0 km/h nos amputados e 4,5 nos não amputados).

Para justificar o maior VO_2 durante a marcha de amputados, normalmente associa-se às alterações biomecânicas e ao maior esforço que os indivíduos necessitam para locomover (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008; HOUDIJK et al., 2009). Entretanto, temos como hipótese, a existência de componentes não mecânicos associados. A partir dos resultados obtidos, nossa hipótese foi confirmada, assim, o maior VO_2 durante a marcha de amputados transtibiais foi influenciado por meio do maior VO_2 obtido durante o repouso, uma vez que este se correlacionou positivamente com os valores de VO_2 obtidos na marcha. Esses resultados podem ser comparados aos obtidos por Gailey *et al.*

(1994), que avaliaram amputados transtibiais e observaram que o VO_2 da marcha foi explicado em 40% pelos valores basais, entretanto, a linha de base do VO_2 foi avaliada na postura ortostática, sem padronização da avaliação.

Durante a marcha, assim como na postura ortostática, o VO_2 dos amputados transtibiais correlacionou-se com a FC nesse exercício. Dessa forma, podemos supor que as alterações cardiovasculares e autonômicas presente nos amputados transtibiais em repouso (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; PELES et al., 1995; ROSE, H. G. et al., 1986), intensificam durante o exercício e predisõem ao aumento da FC e do VO_2 durante a marcha.

Em nosso estudo foi avaliado o valor líquido de VO_2 durante a marcha, que isolou o VO_2 que os indivíduos necessitavam para locomover, do necessário para manterem o repouso e postura ortostática. Apesar de isolarmos esses componentes, o VO_2 líquido da marcha foi diferente entre os grupos, o que pode ser justificado por meio das alterações biomecânicas presentes nos amputados, conforme já relatado na literatura (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008). Portanto, na velocidade de 4,0 km/h o maior VO_2 dos amputados pode ser justificado por meio dos componentes mecânicos, relacionados às alterações biomecânicas da marcha (DETREMBLEUR et al., 2005; GENIN et al., 2008), e não mecânicos, relacionados à diferença de VO_2 em repouso e a maior FC durante a marcha (confirmado em nosso estudo).

Genin *et al.* (2008) avaliaram o gasto energético e VO_2 de amputados traumáticos de MMII em diversas velocidades da marcha, até a máxima sustentada. Nesse estudo, o VO_2 durante a marcha foi subtraído dos valores obtidos na postura ortostática, embora não tenha mencionado o método de avaliação nesta postura. Como resultado, os amputados transtibiais, abaixo da VMA (3,7 km/h) não diferiram dos não amputados. Dessa forma, pode supor que esses autores não encontraram diferença abaixo de 3,7 km/h, por subtraíram a contribuição não mecânica (repouso e postura ortostática), dos valores obtidos na marcha. Diferentemente desse resultado, outros estudos encontraram diferença no VO_2 em velocidades abaixo da mencionada (DETREMBLEUR et al., 2005; WATERS; MULROY, 1999; WATERS et al., 1976), entretanto não isolaram os componentes de repouso.

Em nosso estudo, avaliamos o VO_2 bruto da marcha de amputados traumáticos transtibiais e a contribuição de cada postura em relação a esse valor. O VO_2 bruto da marcha dos amputados foi superior, devido, principalmente ao VO_2

líquido necessário para deambulação e o necessário para manter-se em repouso. Dessa forma, o maior VO_2 em repouso contribuiu para a diferença obtida na postura ortostática e na marcha.

Nosso estudo foi o primeiro a avaliar os amputados em diferentes posições e avaliar a contribuição de cada postura em relação ao VO_2 bruto da marcha e, dessa forma, não foram encontrados estudos que pudessem ser confrontados com nossos resultados. Portanto, vemos a importância de avaliar a contribuição metabólica de repouso e da postura ortostática nos estudos sobre a marcha de amputados de MMII. Sugerimos que os métodos de avaliação da marcha de amputados de MMII avaliem tanto o VO_2 bruto quanto o líquido durante a marcha.

Apesar de propormos a contribuição de componentes não mecânicos sobre o VO_2 bruto e líquido da marcha, não sabemos se existem outros fatores associados, bem como sua dimensão. Portanto, mais estudos precisam ser realizados nessa área, para entender melhor esses fatores.

6.4- Avaliação da atividade aeróbia de membros superiores

Para verificar se os amputados transtibiais possuíam alterações metabólicas e cardiovasculares para qualquer exercício aeróbio e confirmar a existência de fatores não mecânicos em relação ao VO_2 , foi realizado o teste aeróbio no cicloergômetro de MMSS. Optou-se por utilizar esse ergômetro por não necessitar dos MMII para a realização dessa atividade e, portanto, evitaria a interferência biomecânica do membro amputado, em relação às respostas metabólicas. Durante a realização desse protocolo de MMSS, para evitar desequilíbrios do tronco, que pudessem alterar os resultados, os indivíduos foram devidamente posicionados na cadeira e os amputados utilizaram as próteses de MMII. Nesse estudo, optou-se por realizar um protocolo submáximo para estimar a capacidade aeróbia máxima, não sendo realizado um teste máximo, para evitar riscos cardiovasculares e por precaução.

Ao avaliarmos os resultados do teste submáximo de MMSS, verificou-se que não houve diferença entre os grupos avaliados, em relação à capacidade aeróbia máxima estimada. Ao realizar o protocolo aeróbio contínuo de MMSS, a maioria dos indivíduos selecionou a carga de 40 W como a mais agradável para manter o

exercício. A partir desse resultado, optou-se por analisar apenas a carga de 40,0 W do teste contínuo de cicloergômetro de MMSS. Nessa carga, o VO_2 dos amputados foi em torno de 40% do máximo estimado e, para os não amputados, em torno de 34%, representando uma atividade leve (MCARDLE et al., 2008), que os indivíduos não necessitariam de esforço excessivo.

Durante a avaliação aeróbia contínua de MMSS, na carga de 40 W, os amputados apresentaram maiores VO_2 e respostas cardiovasculares, quando comparados aos não amputados. Os amputados apresentaram VO_2 2,81 ml/kg/min (71%) superior, com grande tamanho do efeito. Tais resultados se assemelham aos obtidos durante a marcha, entretanto o valor do tamanho do efeito foi menor, uma vez que ao avaliar atividade de MMSS, isolaram-se os componentes biomecânicos da perna amputada. A partir desses resultados, confirmou a hipótese que os amputados possuem alterações cardiovasculares e metabólicas durante o exercício aeróbio de MMSS.

Na literatura, não foram encontrados estudos que avaliaram o VO_2 e variáveis cardiovasculares durante atividade aeróbia envolvendo os MMSS e que pudessem ser confrontados com o nosso. Dessa forma, torna-se importante a realização de mais estudos sobre amputados durante exercícios que não envolvam os MMII.

Ao avaliar o VO_2 líquido do exercício aeróbio contínuo de MMSS, os amputados continuaram apresentando maior VO_2 . Esse resultado nos levou a supor que possa existir outro componente que aumentou o VO_2 durante o exercício de MMSS e necessita ser investigado. A partir desse resultado, especula-se que, provavelmente, os amputados apresentam déficit de controle de tronco e maior ativação da musculatura postural, que justificaria o maior do VO_2 líquido obtido nesse teste, o que deverá ser investigado utilizando eletromiografia. Além disso, não sabemos se existem outros componentes não mecânicos, que também possa interferir nesses resultados.

Hendershot *et al.* (2013), avaliaram 8 amputados (4 transtibiais e 4 transfemorais) e compararam com 8 não amputados, em relação ao controle postural de tronco. Os indivíduos foram avaliados na postura sentada, com os braços cruzados na região anterior do tórax e sentados em uma cadeira instável. Esses autores observaram que os amputados apresentaram déficit de controle de tronco (no sentido ântero-posterior) e maior ativação da musculatura paravertebral e abdominal, para manter o centro de pressão corporal. Esse estudo avaliou somente

o controle postural de tronco. A partir desse resultado e do obtido em nosso estudo, há a necessidade de futuras pesquisas para avaliar o controle de tronco e sua associação com as alterações metabólicas na postura sentada e ortostática.

A partir dos nossos resultados, há a necessidade de realização de estudos associando as variáveis metabólicas com as biomecânicas, durante a atividade aeróbia de MMSS em amputados. Sendo constatado déficit de controle de tronco, relacionados ao maior VO_2 , também deverá ser investigado o controle postural associado ao maior metabolismo energético durante a marcha de amputados de MMII.

6.5- Limitações do estudo

Como limitações do estudo não foi avaliado as variáveis metabólicas e cardiovasculares em repouso na postura sentada, no mesmo dia que foi avaliado as variáveis na postura supina e ortostática, devido ao tempo do protocolo. Além disso, não foi avaliado o controle postural de tronco, associado com as respostas metabólicas e cardiovasculares durante os testes de MMSS, o que deverá ser realizado em futuras pesquisas, utilizando eletromiografia e cinemetria, tanto na postura sentada, quanto durante o exercício. Outra limitação do estudo foi ter estimado a capacidade aeróbia máxima por meio de um submáximo e não ter realizado um teste aeróbio máximo.

6.6- Implicações clínicas

Através de nosso estudo, foram confirmados os dados relatados pela literatura, que os amputados possuem alterações cardiovasculares, por meio da maior FC e PA em repouso (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; PELES et al., 1995; ROSE, H. G. et al., 1986). Esses achados, em longo prazo, podem predispor ao desenvolvimento de hipertensão arterial sistêmica e doenças cardiovasculares, conforme descrito pela literatura (GRUBECK-LOEBENSTEIN et al., 1981; PELES et al., 1995; ROSE, H. G. et al., 1986). Nosso estudo também mostrou que os amputados possuem alterações metabólicas em repouso, que contribuem para o

maior VO_2 na postura ortostática e durante exercícios que envolvam MMII (marcha) e MMSS (exercício contínuo de membro superior).

Apesar das alterações cardiovasculares relatadas na literatura e das encontradas em nosso estudo, a reabilitação cardiovascular dos amputados é pouco enfatizada e existem poucos estudos nessa área. Dessa forma, precisam ser criados programas de reabilitação cardiovascular para melhorar a condição metabólica e cardiovascular desses indivíduos em repouso, durante a marcha e exercício aeróbio e, portanto, prevenir comorbidades e mortalidade cardiovasculares, às quais esses indivíduos estão propensos. Além disso, precisam ser realizadas pesquisas avaliando o efeito de treinamentos aeróbios em relação às variáveis cardiovasculares e metabólicas de amputados de MMII no repouso e exercício.

Em nosso estudo foi observado que os amputados possuem alterações em atividade aeróbia envolvendo MMSS. Dessa forma, entendemos que o treinamento aeróbio utilizando cicloergômetro de MMSS possa melhorar o condicionamento desses indivíduos e poderia ser utilizado nos programas de reabilitação, como uma forma de variar o treino aeróbio. Também sugerimos que o treinamento aeróbio para amputados utilize diversas velocidades de marcha no solo e na esteira, para que os indivíduos adaptem a locomoção e diminuam o VO_2 , dispêndio energético e respostas cardiovasculares.

7. CONCLUSÃO

Os amputados transtibiais traumáticos apresentaram maior VO_2 em repouso, que, associado à maior FC, interferiu no VO_2 durante a postura ortostática, marcha e exercício envolvendo os MMSS. Durante a marcha, os amputados apresentaram maior VO_2 , que foi devido, em parte, aos componentes não mecânicos, relacionados às alterações metabólicas (maior VO_2) e cardiovasculares (maior FC) presentes no repouso, na postura ortostática e na marcha. Durante o exercício aeróbio de MMSS, os amputados apresentaram maior VO_2 , o que confirmou a presença de alterações não mecânicas, relacionadas ao VO_2 dos amputados transtibiais, uma vez que o exercício não envolveu os MMII.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLOHMKE, F. **Compêndio Otto Bock—Próteses para o Membro Inferior:** Alemanha: Schiele & Schön GmbH 1994.

BOCCOLINI, F. Reabilitação: amputados, amputações, próteses; Rehabilitation: amputated, amputations and prosthesis. 2000.

BONA, R. L.; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Mecânica e energética da locomoção de amputados: Uma revisão. **Pensar a Prática**, v. 14, n. 1, 2011.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-81, 1982.

BRIDGET A. FRUGOLI, M. et al. Cardiovascular Disease Risk Factors in an Amputee Population. **Journal of Prosthetics and Orthotics Online Library**, v. 12, n. 3, p. 80-87, 2000.

BUSSMANN, J. B.; GROOTSCHOLTEN, E. A.; STAM, H. J. Daily physical activity and heart rate response in people with a unilateral transtibial amputation for vascular disease. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 85, n. 2, p. 240-244, 2004.

BUSSMANN, J. B.; SCHRAUWEN, H. J.; STAM, H. J. Daily Physical Activity and Heart Rate Response in People With a Unilateral Traumatic Transtibial Amputation. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 89, n. 3, p. 430-434, 2008.

CAROMANO, F. A. et al. Incidencia de amputacao de membro inferior, unilateral: analise de prontuarios; Incidence of lower limb amputation, one side: medical history analysis. **Rev. ter. ocup**, v. 3, n. 1/2, p. 44-53, 1992.

CARVALHO, F. S. et al. Prevalência de amputação em membros inferiores de causa vascular: análise de prontuários; Prevalence amputation on inferior members from vascular cause: analyses of promptuary. **Arq. ciências saúde UNIPAR**, v. 9, n. 1, p. 23-30, 2005.

CARVALHO, J. A. **Amputações de membros inferiores: em busca da plena reabilitação.** Manole, 2003. ISBN 852041642X.

CASILLAS, J.-M. et al. Bioenergetic comparison of a new energy-storing foot and SACH foot in traumatic below-knee vascular amputations. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 76, n. 1, p. 39-44, 1995.

CHAN, Y. Randomised Controlled Trials (RCTs)-Sample Size: The Magic Number? **Singapore medical journal**, v. 44, n. 4, p. 172-174, 2003.

CHIN, T. et al. The efficacy of the one-leg cycling test for determining the anaerobic threshold (AT) of lower limb amputees. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 21, n. 2, p. 141-146, August 1, 1997 1997.

_____. Effect of endurance training program based on anaerobic threshold (AT) for lower limb amputees. **J Rehabil Res Dev**, v. 38, n. 1, p. 7-11, Jan-Feb 2001.

_____. Physical fitness of lower limb amputees. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 81, n. 5, p. 321-5, May 2002.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Routledge Academic, 1988. ISBN 0805802835.

CZERNIECKI, J. M. Rehabilitation in limb deficiency. 1. Gait and motion analysis. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 77, n. 3, p. S3-S8, 1996.

DAL, U. et al. Determination of preferred walking speed on treadmill may lead to high oxygen cost on treadmill walking. **Gait Posture**, v. 31, n. 3, p. 366-9, Mar 2010.

DETREMBLEUR, C. et al. Relationship between energy cost, gait speed, vertical displacement of centre of body mass and efficiency of pendulum-like mechanism in unilateral amputee gait. **Gait & posture**, v. 21, n. 3, p. 333-340, 2005.

DILLINGHAM, T. R.; PEZZIN, L. E.; MACKENZIE, E. J. Limb amputation and limb deficiency: epidemiology and recent trends in the United States. **Southern medical journal**, v. 95, n. 8, p. 875-883, 2002.

DUTRA, L. N. et al. Estimativa do gasto energético da caminhada. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 5, p. 321-326, 2007.

FEY, N. P.; SILVERMAN, A. K.; NEPTUNE, R. R. The influence of increasing steady-state walking speed on muscle activity in below-knee amputees. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 1, p. 155-161, 2010.

FLORINDO, A.; LATORRE, M. Validação do questionário de Baecke de avaliação da atividade física habitual em homens adultos. **Rev Bras Med Esporte**, v. 9, p. 121-8, 2003.

FRAISSE, N. et al. [Muscles of the below-knee amputees]. **Ann Readapt Med Phys**, v. 51, n. 3, p. 218-27, Apr 2008.

FRUGOLI, B. A. et al. Cardiovascular Disease Risk Factors in an Amputee Population. **JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics**, v. 12, n. 3, 2000.

GAILEY, R. et al. Review of secondary physical conditions associated with lower-limb amputation and long-term prosthesis use. **J Rehabil Res Dev**, v. 45, n. 1, p. 15-29, 2008.

GAILEY, R. S. et al. The effects of prosthesis mass on metabolic cost of ambulation in non-vascular trans-tibial amputees. **Prosthet Orthot Int**, v. 21, n. 1, p. 9-16, Apr 1997.

_____. Energy expenditure of trans-tibial amputees during ambulation at self-selected pace. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 18, n. 2, p. 84-91, August 1, 1994 1994.

GENIN, J. et al. Effect of speed on the energy cost of walking in unilateral traumatic lower limb amputees. **European Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 6, p. 655-663, 2008.

GONZALEZ, E. G.; CORCORAN, P. J.; REYES, R. L. Energy expenditure in below-knee amputees: correlation with stump length. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 55, n. 3, p. 111-9, Mar 1974.

GRAHAM, L. E. et al. A comparative study of oxygen consumption for conventional and energy-storing prosthetic feet in transfemoral amputees. **Clinical rehabilitation**, v. 22, n. 10-11, p. 896-901, October/November 2008 2008.

GRUBECK-LOEBENSTEIN, B.; KORN, A.; WALDHÄUSL, W. The role of adrenergic mechanisms in the blood pressure regulation of leg-amputees. **Basic Research in Cardiology**, v. 76, n. 3, p. 267-275, 1981.

Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-65, Mar 1 1996.

HENDERSHOT, B. D.; NUSSBAUM, M. A. Persons with lower-limb amputation have impaired trunk postural control while maintaining seated balance. **Gait & posture**, 2013.

HOF, A. L. et al. Control of lateral balance in walking: Experimental findings in normal subjects and above-knee amputees. **Gait & posture**, v. 25, n. 2, p. 250-258, 2007.

HOFFMAN, M. D. et al. Physiological comparison of walking among bilateral above-knee amputee and able-bodied subjects, and a model to account for the differences in metabolic cost. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 78, n. 4, p. 385-92, Apr 1997.

HOUDIJK, H. et al. The energy cost for the step-to-step transition in amputee walking. **Gait & posture**, v. 30, n. 1, p. 35-40, 2009.

HRUBEC, Z.; RYDER, R. A. Report to the Veterans' Administration Department of Medicine and Surgery on service-connected traumatic limb amputations and subsequent mortality from cardiovascular disease and other causes of death. **Bull Prosthet Res**, v. 16, n. 2, p. 29-53, Fall 1979.

HSU, M. et al. Physiological measurements of walking and running in people with transtibial amputations with 3 different prostheses. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v. 29, n. 9, p. 526, 1999.

HSU, M. J. et al. The effects of prosthetic foot design on physiologic measurements, self-selected walking velocity, and physical activity in people with transtibial amputation. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 87, n. 1, p. 123-129, 2006.

ISAKOV, E.; SUSAK, Z.; BECKER, E. Energy expenditure and cardiac response in above-knee amputees while using prostheses with open and locked knee mechanisms. **Scandinavian journal of rehabilitation medicine. Supplement**, v. 12, p. 108, 1985.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n. 03, p. 497-504, 1978.

KURDIBAYLO, S. F. Cardiorespiratory status and movement capabilities in adults with limb amputation. **J Rehabil Res Dev**, v. 31, n. 3, p. 222-35, Aug 1994.

LIN-CHAN, S.-J. et al. The effects of added prosthetic mass on physiologic responses and stride frequency during multiple speeds of walking in persons with transtibial amputation. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 84, n. 12, p. 1865-1871, 2003.

LOUREIRO, L. M. D. J.; GAMEIRO, M. G. H. Interpretação crítica dos resultados estatísticos: para lá da significância estatística. **Revista de Enfermagem Referência**, n. 3, p. 151-162, 2011.

MACFARLANE, P. A.; NIELSEN, D. H.; SHURR, D. G. Mechanical gait analysis of transfemoral amputees: SACH foot versus the Flex-Foot. **JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics**, v. 9, n. 4, p. 144, 1997.

MAGALHÃES, P. et al. Arterial Stiffness in Lower Limb Amputees. **Clinical Medicine Insights. Circulatory, Respiratory and Pulmonary Medicine**, v. 5, p. 49, 2011.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. Guanabara Koogan, 2008. ISBN 8527704471.

MENEGHELO, R. et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretrizes sobre teste ergométrico. **Arq Bras Cardiol**, v. 95, n. 5 supl 1, p. 1-26, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Informações de saúde. Procedimentos Hospitalares-SUS. Brasil, 2013. Disponível em: < <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/qiuf.def> >. Acesso em: abril.

MODAN, M. et al. Increased cardiovascular disease mortality rates in traumatic lower limb amputees. **Am J Cardiol**, v. 82, n. 10, p. 1242-7, Nov 15 1998.

MOZUMDAR, A.; ROY, S. Validity of an alternative anthropometric trait as cardiovascular diseases risk factor: example from individuals with traumatic lower extremity amputation. **European journal of clinical nutrition**, v. 60, n. 10, p. 1180-1188, 2006.

MOZUMDAR, A.; ROY, S. K. Method for estimating body weight in persons with lower-limb amputation and its implication for their nutritional assessment. **The American journal of clinical nutrition**, v. 80, n. 4, p. 868-875, 2004.

_____. Validity of an alternative anthropometric trait as cardiovascular diseases risk factor: example from individuals with traumatic lower extremity amputation. **Eur J Clin Nutr**, v. 60, n. 10, p. 1180-8, Oct 2006.

NALLEGOWDA, M. et al. Amputation and Cardiac Comorbidity: Analysis of Severity of Cardiac Risk. 2012.

NASCHITZ, J. E.; LENGER, R. Why traumatic leg amputees are at increased risk for cardiovascular diseases. **QJM**, v. 101, n. 4, p. 251-9, Apr 2008.

NIELSEN, D. H. et al. Comparison of energy cost and gait efficiency during ambulation in below-knee amputees using different prosthetic feet-a preliminary report. **JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics**, v. 1, n. 1, p. 24, 1988.

NOLAN, L. et al. Adjustments in gait symmetry with walking speed in trans-femoral and trans-tibial amputees. **Gait Posture**, v. 17, n. 2, p. 142-51, Apr 2003.

OSTERKAMP, L. K. Current perspective on assessment of human body proportions of relevance to amputees. **J Am Diet Assoc**, v. 95, n. 2, p. 215-8, Feb 1995.

PAGLIARULO, M.; WATERS, R.; HISLOP, H. Energy cost of walking of below-knee amputees having no vascular disease. **Physical therapy**, v. 59, n. 5, p. 538, 1979.

PASTRE, C. M. et al. Fisioterapia e amputação transtibial. **Arq Ciênc Saúde**, v. 12, n. 2, p. 120-124, 2005.

PEDRINELLI, A. **Tratamento do paciente com amputação**. Roca, 2004. ISBN 8572414886.

PELES, E. et al. Insulin resistance and autonomic function in traumatic lower limb amputees. **Clin Auton Res**, v. 5, n. 5, p. 279-88, Oct 1995.

PERKINS, Z. B. et al. Factors affecting outcome after traumatic limb amputation. **British Journal of Surgery**, v. 99, n. S1, p. 75-86, 2012.

PERRY, J. et al. Energy expenditure and gait characteristics of a bilateral amputee walking with C-leg prostheses compared with stubby and conventional articulating prostheses. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 85, n. 10, p. 1711-7, Oct 2004.

PINZUR, M. et al. Energy demands for walking in dysvascular amputees as related to the level of amputation. **Orthopedics**, v. 15, n. 9, p. 1033, 1992.

PINZUR, M. S. Gait analysis in peripheral vascular insufficiency through-knee amputation. **J Rehabil Res Dev**, v. 30, n. 4, p. 388-92, 1993.

- POWERS, C. M. et al. Influence of prosthetic foot design on sound limb loading in adults with unilateral below-knee amputations. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 75, n. 7, p. 825-829, 1994.
- ROBBINS, C. B. et al. A review of the long-term health outcomes associated with war-related amputation. **Mil Med**, v. 174, n. 6, p. 588-92, Jun 2009.
- ROSE, H. G. et al. Cardiovascular disease risk factors in combat veterans after traumatic leg amputations. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 68, n. 1, p. 20-3, Jan 1987.
- _____. Insulin as a potential factor influencing blood pressure in amputees. **Hypertension**, v. 8, n. 9, p. 793-800, Sep 1986.
- ROSE, J.; GAMBLE, J. G., Eds. **Marcha: teoria e prática da locomoção humana**. Rio de Janeiro, 3 ed. 2007.
- ROYER, T. D.; WASILEWSKI, C. A. Hip and knee frontal plane moments in persons with unilateral, trans-tibial amputation. **Gait & posture**, v. 23, n. 3, p. 303-306, 2006.
- SAGAWA, Y. et al. Biomechanics and physiological parameters during gait in lower-limb amputees: a systematic review. **Gait Posture**, v. 33, n. 4, p. 511-26, 2011/05/2011.
- SAIBENE, F.; MINETTI, A. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 4-5, p. 297-316, 2003/01/01 2003.
- SANTOS, J. J. A. et al. Qualidade de vida e lactacidemia durante a prova de caminhada de seis minutos em portadores de insuficiência cardíaca. **Arq. ciências saúde UNIPAR**, v. 12, n. 1, p. 9-17, 2008.
- SCHMALZ, T.; BLUMENTRITT, S.; JARASCH, R. Energy expenditure and biomechanical characteristics of lower limb amputee gait: The influence of prosthetic alignment and different prosthetic components. **Gait & posture**, v. 16, n. 3, p. 255-263, 2002.
- SCHMID, M. et al. Centre of pressure displacements in trans-femoral amputees during gait. **Gait Posture**, v. 21, n. 3, p. 255-62, Apr 2005.
- SEYEDALI, M. et al. Co-contraction patterns of trans-tibial amputee ankle and knee musculature during gait. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 9, n. 1, p. 29, 2012.
- SHAHRIAR, S. H. et al. Cardiovascular risk factors among males with war-related bilateral lower limb amputation. **Mil Med**, v. 174, n. 10, p. 1108-12, Oct 2009.
- SILVERMAN, A. K. et al. Compensatory mechanisms in below-knee amputee gait in response to increasing steady-state walking speeds. **Gait & posture**, v. 28, n. 4, p. 602-609, 2008.

- SJÖDAHL, C. et al. Kinematic and kinetic gait analysis in the sagittal plane of transfemoral amputees before and after special gait re-education. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 26, n. 2, p. 101-112, August 1, 2002 2002.
- SOARES, A. S. O. D. C. et al. Biomechanical parameters of gait among transtibial amputees: a review. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 127, p. 302-309, 2009.
- SPICHLER, E. R. S. et al. Capture-recapture method to estimate lower extremity amputation rates in Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 10, p. 334-340, 2001.
- TESIO, L.; LANZI, D.; DETREMBLEUR, C. The 3-D motion of the centre of gravity of the human body during level walking. II. Lower limb amputees. **Clinical Biomechanics**, v. 13, n. 2, p. 83-90, 1998.
- TESIO, L.; ROI, G. S.; MÖLLER, F. Pathological gaits: inefficiency is not a rule. **Clinical Biomechanics**, v. 6, n. 1, p. 47-50, 1991.
- TORBURN, L. et al. Energy expenditure during ambulation in dysvascular and traumatic below-knee amputees: a comparison of five prosthetic feet. **J Rehabil Res Dev**, v. 32, n. 2, p. 111-9, May 1995.
- TRABALLESI, M. et al. Energy cost of walking measurements in subjects with lower limb amputations: a comparison study between floor and treadmill test. **Gait Posture**, v. 27, n. 1, p. 70-5, Jan 2008.
- UNWIN, N. Epidemiology of lower extremity amputation in centres in Europe, North America and East Asia. **British Journal of Surgery**, v. 87, n. 3, p. 328-337, 2000.
- VAN DER LINDE, H. et al. A systematic literature review of the effect of different prosthetic components on human functioning with a lower-limb prosthesis. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 41, n. 4, p. 555-570, 2004.
- VAN VELZEN, J. M. et al. Physical capacity and walking ability after lower limb amputation: a systematic review. **Clinical rehabilitation**, v. 20, n. 11, p. 999-1016, November 1, 2006 2006.
- VRIELING, A. H. et al. Gait initiation in lower limb amputees. **Gait Posture**, v. 27, n. 3, p. 423-30, Apr 2008a.
- _____. Gait termination in lower limb amputees. **Gait Posture**, v. 27, n. 1, p. 82-90, Jan 2008b.
- WATERS, R. L.; MULROY, S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. **Gait Posture**, v. 9, n. 3, p. 207-31, Jul 1999.
- WATERS, R. L. et al. Energy cost of walking of amputees: the influence of level of amputation. **J Bone Joint Surg Am**, v. 58, n. 1, p. 42-6, Jan 1976.

WEIR, J. B. V. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **The Journal of physiology**, v. 109, n. 1-2, p. 1, 1949.

WU, Y. J. et al. Energy expenditure of wheeling and walking during prosthetic rehabilitation in a woman with bilateral transfemoral amputations. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 82, n. 2, p. 265-269, 2001.

YEUNG, L. F. et al. Long-distance walking effects on trans-tibial amputees compensatory gait patterns and implications on prosthetic designs and training. **Gait & posture**, v. 35, n. 2, p. 328-333, 2012.

9. ANEXOS

ANEXO 1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP HU/UFJF
JUIZ DE FORA – MG – BRASIL

Pesquisador Responsável: Jorge Roberto Perrout de Lima
Endereço: Rua João Weiss, 27
CEP: 36036-237 – Juiz de Fora – MG
Fone: (32) 9977-4390
E-mail: jorge.perrout@ufjf.edu.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O (A) Sr.(a) está sendo convidado como voluntário a participar da pesquisa “Gasto energético e hipotensão arterial frente ao exercício físico em indivíduos com amputações de membros inferiores”. Neste estudo, pretendemos avaliar se alterações cardiovasculares e metabólicas encontradas nos amputados de membros inferiores interferem no gasto energético durante a marcha e, se após uma sessão de exercício aeróbio, ocorre diminuição da pressão arterial em relação aos valores pré-exercício.

O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é identificar algumas causas do maior consumo energético durante a marcha de amputados e avaliar se uma sessão de exercício é capaz de promover benefícios por meio da diminuição da pressão arterial. Os resultados do estudo poderão direcionar as condutas terapêuticas da reabilitação de amputados de membros inferiores.

Para este estudo, você participará de avaliações e exames durante cinco dias. Todos os experimentos ocorrerão no período da manhã no Laboratório de Avaliação Física do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora – HU/UFJF. Os procedimentos que envolverem esforço físico serão separados por um período de 48 horas em relação ao procedimento anterior. Você deverá realizar uma refeição leve uma hora antes da coleta (exceto no dia da realização dos exames laboratoriais, em que deverão estar em jejum de 12 horas), dormir bem na noite anterior a cada visita ao laboratório, além de não consumir bebidas alcoólicas, cafeinadas e não praticar exercícios intensos nas 24 horas que antecedem os experimentos.

No primeiro dia do experimento, você será esclarecido sobre sua participação no projeto, assinará esse termo de consentimento e responderá algumas perguntas na anamnese. Nesse mesmo dia você será submetido a avaliação física por meio de avaliação do peso corporal, altura, porcentagem de gordura corporal, medida de circunferência abdominal, além de avaliação da pressão arterial, frequência cardíaca e exame eletrocardiográfico em repouso. Você também irá responder aos questionários propostos no estudo e será familiarizado com os equipamentos que serão utilizados.

No segundo dia, você deverá estar em jejum por no mínimo 12 horas para realizar exames laboratoriais de urina e sangue e avaliação de sua taxa metabólica de repouso.

Para esta última avaliação, você ficará deitado em repouso por 30 minutos, utilizando uma máscara facial e serão avaliados os gases que você respira. Em seguida, você também será avaliado na postura de pé.

No terceiro dia, você será submetido a exames para avaliação cardiológica e capacidade aeróbia máxima. Você será submetido a um teste de esforço máximo no cicloergômetro de membro superior. Antes de iniciar esse teste, você ficará sentado por 15 minutos, usando máscaras faciais para coletar os gases expirados, cinta torácica para avaliação da sua frequência cardíaca, manguito em seu braço direito para aferir sua pressão arterial e alguns eletrodos em seu tórax para realização de eletrocardiograma. Em seguida você realizará exercício com o cicloergômetro de membro superior. Posteriormente, a cada minuto, a resistência do aparelho será aumentada e você deverá continuar a realizar o exercício até sentir que não consegue mais ou for verificado que o teste deverá ser interrompido. Após terminar o teste, você será avaliado em repouso por 15 minutos. Este teste será supervisionado por um médico.

No quarto dia, você será submetido a uma avaliação de marcha na esteira rolante e será avaliado em três velocidades diferentes. Inicialmente você ficará em repouso deitado por 15 minutos fazendo o uso de máscaras faciais, cinta torácica, manguito em seu braço direito e eletrodos em seu tórax para realização de eletrocardiograma. Após o repouso, você será submetido à avaliação do fluxo sanguíneo em seu braço direito, em que serão posicionados dois manguitos, um próximo da mão, que será insuflado e um próximo do cotovelo, que será insuflado e desinsuflado algumas vezes. Em seguida irá realizar o protocolo na esteira por 10 minutos na primeira velocidade estabelecida. Ao término do teste na esteira, você repousará por 15 minutos e será avaliado durante a recuperação. O mesmo procedimento será repetido nas outras duas velocidades.

No último dia você será avaliado por meio de uma sessão de exercício aeróbio utilizando cicloergômetro de membro superior. Inicialmente você ficará em repouso deitado por 15 minutos usando máscaras faciais, cinta torácica, manguito em seu braço direito e alguns eletrodos em seu tórax para realização de eletrocardiograma. Após o repouso, você será submetido à avaliação do fluxo sanguíneo em seu braço direito. Em seguida, você realizará uma sessão de exercício físico no cicloergômetro de membro superior, por 30 minutos. Ao término do exercício, você repousará por 60 minutos deitado em uma maca e será avaliado durante a recuperação.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O (A) Sr (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Laboratório de Avaliação Física do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora – HU/CAS e a outra será fornecida a você.

Caso haja danos decorrentes dos riscos previstos, o pesquisador assumirá a responsabilidade pelos mesmos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos do estudo “Gasto energético e hipertensão arterial frente ao exercício físico em indivíduos com amputações de membros inferiores”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 201_ .

Nome Assinatura participante

Nome Assinatura pesquisador

Nome Assinatura testemunha

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o
CEP HU – Comitê de Ética em Pesquisa HU/UFJF
Hospital universitário Unidade Santa Catarina
Prédio da Administração Sala 27
CEP 36036-110
E-mail: cep.hu@ufjf.edu.br

ANEXO 2
APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO HU-UFJF



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP-HU CAS/UFJF



HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

Parecer nº 323/2011

Protocolo CEP-UFJF: 146-420-2011 **FR:** 468351 **CAAE:** 0109.0.420.000-11

Projeto de Pesquisa: Gasto energético e hipertensão arterial frente ao exercício físico em indivíduos com amputações de membro inferiores

Versão do Protocolo e Data: 13/10/2011

Grupo: III

Pesquisador Responsável: Jorge Roberto Perrou de Lima

Pesquisadores Participantes: Marília Mendes do Nascimento Garcia; Marcelle de Paula Ribeiro; Mateus Camaroti Laterza; Jussara Regina Pereira Britto; Marcela de Castro Pereira

Instituição: Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora

Matéria para análise: Folha de Rosto; Projeto de Pesquisa; Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; Orçamento Financeiro; Comprovante de currículo do pesquisador responsável e demais pesquisadores envolvidos

Sumário/comentários do protocolo:

Justificativa: As amputações de membros inferiores provocam alterações funcionais, musculoesqueléticas e cardiovasculares. Quanto mais proximal o nível da amputação, maiores essas alterações. Apesar da marcha com prótese ser importante para a independência funcional do amputado, envolve maior gasto energético e menor eficiência quando comparado a indivíduos não amputados. O maior gasto energético após a amputação tem sido justificado pelas alterações biomecânicas encontradas durante a marcha compensatória

Objetivo: Testar a hipótese que as alterações cardiovasculares e metabólicas encontradas nos amputados traumáticos de membros inferiores interferem no gasto energético durante a marcha.

Testar a hipótese que após uma sessão de exercício aeróbio os amputados de membros inferiores apresentam efeito hipotensor pós-exercício associado à vasodilatação arterial e ao aumento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

Metodologia: Trata-se de um estudo classificado como observacional, transversal e controlado. O protocolo experimental será realizado em cinco dias. Todos os experimentos ocorrerão no período da manhã. As coletas serão realizadas no Laboratório de Avaliação Física do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora. Os procedimentos que envolverem esforço físico serão separados por um período de 48 horas em relação ao procedimento anterior. Todos os sujeitos serão orientados a realizar uma refeição leve uma hora antes da coleta (exceto no dia da realização dos exames laboratoriais, em que deverão estar em jejum de 12 horas), dormir bem na noite que antecede cada experimento, além de não consumir bebidas alcoólicas, cafeinadas e não praticar exercícios intensos nas 24 horas que antecedem os experimentos.

Características da população a estudar: Para compor a amostra, os amputados deverão ter sido protetizados há mais de dois anos, deambular sem dispositivos auxiliares de marcha e possuir uma prótese alinhada, com pés Sach®. Os amputados transfemorais deverão possuir joelho mecânico e encaixe de contenção isquiática e os transtibiais, deverão possuir próteses do tipo *Prothese Tibiale Supracondylien* ou *Kondylen Bettung Munster*

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP-HU CAS/UFJF
RUA CATULO BREVIGLIEI S/Nº - B. SANTA CATARINA
36036-110 - JUIZ DE FORA - MG - BRASIL - Fone: 40095205

Prof.ª Dra. Agneta Maria Gomes
 Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa
 HU Hospital de UFJF

XI

Tamanho da amostra: Serão estudados 40 indivíduos adultos, de ambos os sexos, 20 com amputações unilaterais traumáticas de membros inferiores, transtibiais ou transfemorais que serão comparados a 20 indivíduos sem amputações.

Orçamento: Serão de responsabilidade dos pesquisadores.

Cronograma: Adequado a realização do Projeto

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: O TCLE está em linguagem adequada, clara para compreensão dos participantes do estudo, com descrição suficiente dos procedimentos, explicitação de riscos e forma de contato com o pesquisador e demais membros da equipe.

Pesquisador: titulação e apresenta experiência e qualificação para a coordenação do estudo. Demais membros da equipe também apresentam qualificação para atividade que desempenharão durante o estudo.

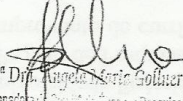
O CEP solicita ao pesquisador que atenda a Carta Circular nº 003/2011 CONEP/CNS datada de 21 de março de 2011, que torna obrigatória a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador em todos os TCLEs com data posterior a 01 de abril de 2011.

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP-HU/CAS da UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 196/96 e suas complementares manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa proposto.

Salientamos que o pesquisador deverá encaminhar a este comitê o relatório final.

Situação: Projeto Aprovado

Juiz de Fora, 28 de novembro de 2011.


Prof.ª Dr.ª Angela Maria Gollner
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa
HU/CAS/UFJF

RECEBI

DATA: ___/___/2011

ASS: _____

ANEXO 3
FICHA DE ANAMNESE E AVALIAÇÃO FÍSICA

Projeto de pesquisa: Gasto energético e hipotensão frente ao exercício físico em amputados de membros inferiores

1-Dados de Identificação

Data da avaliação: ___/___/___

Nome: _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____ UF: _____

Estado Civil: _____ Profissão: _____

Tels.: _____

Data de nascimento: ___/___/___ Idade: _____ anos.

Médico Responsável: _____

Etiologia da amputação: () Traumática () Vascular () Outras

Nível da amputação: () Transtibial (..) Transfemoral () Outros

Tempo de amputação: _____ Mês e ano da amputação: _____/_____

Tempo da protetização: _____ Mês e ano da protetização: _____/_____

Nome do profissional avaliador: _____

2-História da doença atual

3-História Patológica:

3.1-Fatores de Risco para Doença Arterial Coronariana

Hipertensão arterial: Não () Sim () Data de diagnóstico _____

Diabetes: Não () Sim () Data de diagnóstico _____

Obesidade: Não () Sim () Data de diagnóstico _____

Dislipidemia: Não () Sim () Data de diagnóstico _____

Estresse: Não () Sim ()

3.2-Outras Patologias

4-Hábitos de Vida

Sono: () Reparador () Não Reparador

() Fumante () Não fumante () Ex – fumante: há quanto tempo parou de fumar?

Etilista: () Sim () Não Qual(is) bebida(s) faz uso:

Quantidade semanal: _____ Bebe café ou chá: _____ xícaras/dia

Pratica exercício físico? Sim () Não () Há quanto tempo:

Frequência semanal: _____ dias/semana. Modalidade: _____

5-História familiar:

6-Medicação atual:

7-Avaliação física

7.1- Sinais vitais:

FC: _____ bpm

PA: supino: _____ / _____ mmHg

FR: _____ ipm

posição ortostática: _____ / _____ mmHg

7.2-Monitorização eletrocardiográfica (supino):

DI: _____ DII: _____

DIII: _____ AVR: _____

AVL: _____ AVF: _____

V1: _____ V2: _____

V3: _____ V4: _____

V5: _____ V6: _____

Qualidade do traçado: () ótima () boa () regular () ruim

Considerações: _____

7.3-Antropometria:

Massa corporal com a prótese: _____ Kg

Massa corporal sem a prótese: _____ Kg

Estatura: _____ m

IMC corrigido: _____ Kg/m²

Pregas cutâneas: Abdominal: _____ mm

Torácica: _____ mm Coxa: _____ mm

Circunferência abdominal: _____ cm

7.4-Inspeção:

- Do membro amputado: _____

- Da prótese:

Alinhamento: _____

Modelo do encaixe: _____

Modelo do joelho: _____

...Modelo do pé: _____

7.5- Dominância de membro:

MMSS: () Direito () Esquerdo

MMII: () Direito () Esquerdo

7.6- Análise visual da marcha:

8- O voluntário está apto para participar do estudo? () Sim () Não

ANEXO 4
QUESTIONÁRIO DE ATIVIDADE FÍSICA HABITUAL

QUESTIONÁRIO DE ATIVIDADE FÍSICA HABITUAL

Por favor, circule a resposta apropriada para cada questão:

Nos últimos 12 meses:

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1) Qual tem sido sua principal ocupação? | 1 3 5 |
| <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 500px;"></div> | |
| 2) No trabalho eu sento:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre | 1 2 3 4 5 |
| 3) No trabalho eu fico em pé:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre | 1 2 3 4 5 |
| 4) No trabalho eu ando:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre | 1 2 3 4 5 |
| 5) No trabalho eu carrego carga pesada:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre | 1 2 3 4 5 |
| 6) Após o trabalho eu estou cansado:
muito freqüentemente / freqüentemente / algumas vezes / raramente / nunca | 5 4 3 2 1 |
| 7) No trabalho eu sudo:
muito freqüentemente / freqüentemente / algumas vezes / raramente / nunca | 5 4 3 2 1 |
| 8) Em comparação com outros da minha idade eu penso que meu trabalho é fisicamente:
muito mais pesado/ mais pesado / tão pesado quanto / mais leve / muito mais leve | 5 4 3 2 1 |

9)	Você pratica ou praticou esporte ou exercício físico nos últimos 12 meses: sim / não									
	Qual esporte ou exercício físico você pratica ou praticou mais freqüentemente?					1	3	5		
	<input type="text"/>									
	- quantas horas por semana?					<1	1<2	2<3	3-4	>4
	<input type="text"/>									
	- quantos meses por ano?					<1	1-3	4-6	7-9	>9
	<input type="text"/>									
	Se você faz um fez segundo esporte ou exercício físico, qual o tipo?:					1	3	5		
	<input type="text"/>									
	- quantas horas por semana?					<1	1<2	2<3	3-4	>4
	<input type="text"/>									
	- quantos meses por ano?					<1	1-3	4-6	7-9	>9
	<input type="text"/>									
10)	Em comparação com outros da minha idade eu penso que minha atividade física durante as horas de lazer é: muito maior / maior / a mesma / menor / muito menor					5	4	3	2	1
11)	Durante as horas de lazer eu suo: muito freqüentemente / freqüentemente / algumas vezes / raramente / nunca					5	4	3	2	1
12)	Durante as horas de lazer eu pratico esporte ou exercício físico: nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / muito freqüentemente					1	2	3	4	5
13)	Durante as horas de lazer eu vejo televisão: nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / muito freqüentemente					1	2	3	4	5
14)	Durante as horas de lazer eu ando: nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / muito freqüentemente					1	2	3	4	5
15)	Durante as horas de lazer eu ando de bicicleta: nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / muito freqüentemente					1	2	3	4	5
16)	Durante quantos minutos por dia você anda a pé ou de bicicleta indo e voltando do trabalho, escola ou compras? <5 / 5-15 / 16-30 / 31-45 / >45					1	2	3	4	5
						Total em minutos		<input type="text"/>		

Fórmulas para cálculo dos escores do questionário Baecke de AFH

ATIVIDADES FÍSICAS OCUPACIONAIS (AFO)	
$\text{Escore de AFO} = \frac{\text{questão1} + \text{questão2} + \text{questão3} + \text{questão4} + \text{questão5} + \text{questão6} + \text{questão7} + \text{questão8}}{8}$	
Cálculo da primeira questão referente ao tipo de ocupação:	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Intensidade (tipo de ocupação)=1 para profissões com gasto energético leve ou 3 para profissões com gasto energético moderado ou 5 para profissões com gasto energético vigoroso (determinado pela resposta do tipo de ocupação: o gasto energético da profissão deve ser conferido no compêndio de atividades físicas de Ainsworth) 	
EXERCÍCIOS FÍSICOS NO LAZER (EFL)	
Cálculo da questão 9 referente a prática de esportes/exercícios físicos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Intensidade (tipo de modalidade)=0,76 para modalidades com gasto energético leve ou 1,26 para modalidades com gasto energético moderado ou 1,76 para modalidades com gasto energético vigoroso (determinado pela resposta do tipo de modalidade: o gasto energético da modalidade deve ser conferido no compêndio de atividades físicas de Ainsworth) • Tempo (horas por semana)=0,5 para menos de uma hora por semana ou 1,5 entre maior que uma hora e menor que duas horas por semana ou 2,5 para maior que duas horas e menor que três horas por semana ou 3,5 para maior que três e até quatro horas por semana ou 4,5 para maior que quatro horas por semana (determinado pela resposta das horas por semana de prática) • Proporção (meses por ano)=0,04 para menor que um mês ou 0,17 entre um a três meses ou 0,42 entre quatro a seis meses ou 0,67 entre sete a nove meses ou 0,92 para maior que nove meses (determinado pela resposta dos meses por ano de prática) <ul style="list-style-type: none"> ◆ Para o cálculo desta questão, os valores devem ser multiplicados e somados: <p style="text-align: center;">[Modalidade 1=(Intensidade*Tempo*Proporção)+Modalidade 2=(Intensidade*Tempo*Proporção)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Após o resultado deste cálculo, para o valor final da questão 9, deverá ser estipulado um escore de 0 a 5 de acordo com os critérios especificados abaixo: <p style="text-align: center;">[0 (sem exercício físico)=1/ entre 0,01 até <4=2/ entre 4 até <8=3/ entre 8 até <12=4/≥12,00=5]</p>	
Os escores das questões dois a quatro serão obtidos de acordo com as respostas das escalas de Likert	
O escore final de EFL deverá ser obtido de acordo com a fórmula especificada abaixo:	
$\text{Escore de EFL} = \frac{\text{questão9} + \text{questão10} + \text{questão11} + \text{questão12}}{4}$	
ATIVIDADES FÍSICAS DE LAZER E LOCOMOÇÃO (ALL)	
Os escores das questões cinco a oito serão obtidos de acordo com as respostas das escalas de Likert	
O escore final de ALL deverá ser obtido de acordo com a fórmula especificada abaixo:	
$\text{Escore de ALL} = \frac{(6 - \text{questão13}) + \text{questão14} + \text{questão15} + \text{questão16}}{4}$	
Escore total de atividade física (ET)= AFO+EFL+ALL	

ANEXO 5
ESCALA DE BORG MODIFICADA

0 – Nenhum

0,5 – Muito, Muito Leve

1 – Muito Leve

2 – Leve

3 – Moderado

4 – Pouco intenso

5 – Intenso

6 –

7– Muito Intenso

8 –

9 – Muito, Muito Intenso

10 – Máximo