

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Jussara Regina Pereira Britto

**O efeito do uso da prótese sobre as variáveis hemodinâmicas e autonômicas cardíacas
em amputados traumáticos de membro inferior**

Juiz de Fora

2014

Jussara Regina Pereira Britto

O efeito do uso da prótese sobre as variáveis hemodinâmicas e autonômicas cardíacas em amputados traumáticos de membro inferior

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Educação Física. Área de concentração: movimento humano

Orientador: Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima.

Juiz de Fora

2014

Regina Pereira Britto, Jussara .

O efeito do uso da prótese sobre as variáveis hemodinâmicas e autonômicas cardíacas em amputados traumáticos de membro inferior / Jussara Regina Pereira Britto. -- 2014.

69 f.

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, 2014.

1. Amputados . 2. Variabilidade da frequência cardíaca. 3. Frequência cardíaca. 4. Doença cardiovascular. I. Perroux de Lima, Jorge Roberto, orient. II. Título.

Jussara Regina Pereira Britto

O efeito do uso da prótese sobre as variáveis hemodinâmicas e autonômicas cardíacas em amputados traumáticos de membro inferior

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Educação Física. Área de concentração: movimento humano.

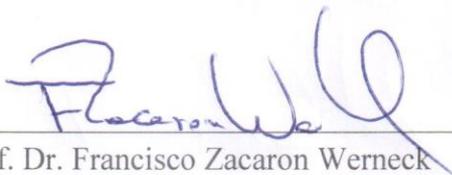
Aprovada em 25 de agosto de 2014

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima

Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Francisco Zacaron Werneck

Universidade Federal de Ouro Preto



Prof. Dr. Mateus Camaroti Laterza
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho ao meu marido Paulo Augusto e minha filha Ana Carolina, por estarem ao meu lado nessa caminhada, me apoiando e incentivando em todos momentos.

Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais uma vitória alcançada, e por ter colocado todos vocês em minha vida.

Aos meus amados pais, Alaor e Iolanda, que nos deixou o maior legado que qualquer um poderia almejar: a educação e o amor.

Ao meu amado marido Paulo Augusto, companheiro de todas as horas, que está sempre a meu lado ajudando, incentivando e apoiando em todos os momentos, e me suportando nos de mais pura loucura, TE AMO.

A minha filha linda, obrigada por agüentar a mamãe, seu apoio foi de fundamental importância nessa etapa das nossas vidas. Te amo minha vida.

Aos meus queridos irmãos, Silvio, Sidney e Cícero, minha cunhada Paula e sobrinhos, Léo, Jéssica e Davi, que mesmo longe torcem pelo meu sucesso. Amo vocês.

Ao meu orientador, professor Dr. Jorge Roberto Perrou de Lima, que é uma pessoa inacreditável, sua tranquilidade e sabedoria foram fundamentais nesse processo. Obrigada pelo apoio em todos os momentos.

À Marília Mendes do Nascimento e Salete Araújo Antunes, amigas únicas, companheira do mestrado e companheira da vida. Afirmando que, sem a ajuda de vocês não teria conseguido chegar até o final.

Obrigada pela amizade e por tudo!

Ao Prof. Dr. Francisco Zacaron Werneck pela valorosa contribuição na análise estatística. Obrigada pela colaboração e paciência.

Aos amigos da Faculdade UNIVERSO, Marcelo, Robson, Téo, Walquer, Leila e Geane. Obrigada pelo incentivo, apoio e a colaboração nos momentos de apertos.

À Maria Carolina, Mariana Novais e Tatiane Rodrigues, obrigada pela ajuda. Sinto orgulho de ter trabalhado com alunas tão dedicadas como vocês. Vocês foram importantes para a conclusão desse projeto. Eternamente grata a vocês.

Ao professor Dr. Mateus Laterza, pelos ensinamentos e contribuições nessa pesquisa.

Aos BRITTO`S com 2 T, minha família de coração, que me acompanharam e torceram por mim durante todo esse processo.

Aos meus estimados voluntários, os quais foram essenciais para o desenvolvimento da pesquisa.

À Marcela Regina e Marcelle Ribeiro, que, de alguma forma, nos auxiliaram nesse projeto.

Aos amigos e estimados alunos que me incentivaram, apoiaram e torceram por mim.

Enfim, a todos que me ajudaram desde o início desse projeto até hoje.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Os amputados traumáticos de membros inferiores apresentam maior morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares quando comparados à população geral. Entretanto, os fatores de risco para esse aumento de morbidade, bem como os mecanismos patofisiológicos responsáveis, ainda não estão bem esclarecidos. O objetivo do presente estudo foi testar as hipóteses que o uso da prótese em amputados transtibiais traumáticos aumenta a pressão arterial (PA) e a frequência cardíaca (FC) e diminui a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), na postura supina (PS) e postura ortostática (PO). Foram avaliados 20 indivíduos adultos, do sexo masculino, sendo 10 com amputações transtibiais unilaterais traumáticas e 10 indivíduos sem amputações (controles). O registro da FC, para o cálculo das medidas de VFC, foi realizado por meio do monitor de frequência cardíaca Polar® modelo RS300CX e a PA foi aferida pelo método auscultatório e oscilométrico. Os grupos foram avaliados em repouso, na PS e PO, sendo os amputados submetidos ao protocolo com e sem a prótese. Para comparações intragrupo foi realizada a ANOVA 2x2 de medidas repetidas e testes t pareados; e na comparação entre grupos, utilizou-se o teste t de Student para amostras independentes. O grupo amputados, com e sem a prótese, foi observado que a FC é maior na PO comparada a PS, ($82,5 \pm 11,1$ vs. $66,8 \pm 6,7$ bpm respectivamente) e que ao utilizarem a prótese a FC foi maior comparada à condição sem prótese, ($76,8 \pm 9,0$ vs. $72,5 \pm 8,0$ bpm respectivamente). Analisando as variáveis autonômicas dos amputados na PO comparada a PS, eles apresentaram menores valores de iRR ($763,0 \pm 100,3$ vs. $911,0 \pm 89,9$; $p < 0,001$), rMSSD ($23,0 \pm 14,0$ vs. $37,7 \pm 21,5$; $p = 0,001$), pNN50 ($5,9 \pm 9,4$ vs. $16,8 \pm 18,6$; $p = 0,01$) e HF ($24,5 \pm 15,0$ vs. $42,8 \pm 18,8$; $p = 0,02$) e maiores valores de LF ($77,1 \pm 12,7$ vs. $57,2 \pm 18,8$; $p = 0,04$) e LF/HF ($5,9 \pm 5,7$ vs. $2,1 \pm 1,7$; $p = 0,07$). Quanto ao uso de prótese, foram observados menores valores de iRR ($814,6 \pm 92,2$ vs. $859,4 \pm 92,2$; $p = 0,001$), rMSSD ($26,6 \pm 14,8$ vs. $34,2 \pm 20,1$; $p = 0,002$) e pNN50 ($8,9 \pm 11,9$ vs. $13,7 \pm 15,4$; $p = 0,005$) em comparação com a condição sem prótese. Comparando ao grupo controle, a FC dos amputados com o uso da prótese foi maior tanto na PS quanto na PO, ao passo que quando a prótese foi retirada, essa diferença desaparecia. Conclui-se que o uso da prótese altera as variáveis hemodinâmicas por meio do aumento da FC e da PA e das variáveis autonômicas por meio da redução da VFC.

Palavras-chave: Amputados. Variabilidade da Frequência Cardíaca. Frequência Cardíaca. Doença cardiovascular.

ABSTRACT

The traumatic lower limb amputees have higher morbidity and mortality from cardiovascular disease compared to the general population. However, the risk factors for this increased morbidity, as well as the pathophysiological mechanisms responsible are not well understood. The aim of this study was to test the hypothesis that the use of the prosthesis in transtibial amputees traumatic increases blood pressure (BP) and heart rate (HR) and decreased heart rate variability (HRV) in the supine posture (PS) and standing position (PO). 20 individuals, males, 10 with unilateral transtibial amputations and traumatic amputations 10 individuals without (controls) were evaluated. The registration of the FC, for the calculation of measures of HRV was performed by means of the heart rate Polar ® RS300CX model and BP monitor was checked by auscultation and oscillometry. The groups were evaluated at rest, the PS and PO, being amputees undergoing the protocol with and without the prosthesis. For intragroup comparisons 2x2 ANOVA repeated measures and paired t tests were performed; and comparison groups was used for independent samples Student's t test. The amputee group, with or without the prosthesis, it was found that FC is larger compared to PO the PS (82.5 ± 11.1 vs. 66.8 ± 6.7 beats per minute respectively) and that when using the prosthesis HR was higher compared to unaided, (76.8 ± 9.0 vs. 72.5 ± 8.0 bpm respectively). Analyzing the autonomic variables of amputees in PO compared to PS, they had lower values of RR intervals (763.0 ± 100.3 vs. 911.0 ± 89.9 , $p < 0.001$), rMSSD (23.0 ± 14.0 vs. 37.7 ± 21.5 , $p = 0.001$), pNN50 (5.9 ± 9.4 vs. 16.8 ± 18.6 , $p = 0.01$) and HF (24.5 ± 15.0 vs. 42.8 ± 18.8 , $p = 0.02$) and higher values of LF (77.1 ± 12.7 vs. 57.2 ± 18.8 , $p = 0.04$) and LF / HF (5.9 ± 5.7 vs. 2.1 ± 1.7 , $p = 0.07$). Regarding the use of prosthesis, lower values of RR intervals (814.6 ± 92.2 vs. 859.4 ± 92.2 , $p = 0.001$) were observed, rMSSD (26.6 ± 14.8 vs. 34.2 ± 20.1 , $p = 0.002$) and pNN50 (11.9 ± 8.9 vs. 13.7 ± 15.4 , $p = 0.005$) compared to the unaided. Compared to the control group, HR amputees using prostheses was higher both in PS as in PO, whereas when the prosthesis was removed, this difference disappeared. We conclude that the use of the prosthesis alters hemodynamic variables by increasing HR and BP and autonomic variables by reduced HRV.

Keywords: Amputees. Heart Rate Variability. Heart Rate. Cardiovascular disease.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Frequência de procedimentos de amputação no SUS, por causas.....	19
Figura 2 -	A diminuição do volume sanguíneo no tórax e cérebro com o ortostatismo leva de imediato a várias respostas neuro-humorais para tentar preservar a homeostasia cardiovascular.....	28
Figura 3 -	Procedimento experimental: voluntário utilizando o Dixtal 2023 na postura ortostática.....	34
Figura 4 -	Exemplo de um tacograma de um voluntário exportado para o programa Kúbios.....	36
Figura 5 -	Esquema ilustrativo do protocolo experimental.....	37
Figura 6 -	Procedimento experimental voluntário na postura ortostática sem a prótese para coleta.....	37
Figura 7 -	Média \pm desvio-padrão da frequência cardíaca de repouso em amputados transtibiais na posição supina e ortostática.	41
Figura 8 -	Média \pm desvio-padrão da frequência cardíaca de repouso em amputados transtibiais com e sem o uso da prótese.,,.....	41
Figura 9 -	Média \pm desvio-padrão da pressão arterial sistólica em amputados transtibiais na posição supina e ortostática com e sem o uso da prótese.	42
Figura 10 -	Média \pm desvio-padrão do LF e HF em amputados transtibiais na posição supina e ortostática.....	43
Figura 11-	Média \pm desvio-padrão do iRR em amputados transtibiais na posição supina e ortostática com e sem o uso da prótese.....	44
Figura 12-	Média \pm desvio-padrão do rMSSD em amputados transtibiais na posição supina e ortostática com e sem o uso da prótese.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices do domínio do tempo da variabilidade da frequência cardíaca.....	26
Tabela 2 - Características gerais da amostra.....	39
Tabela 3 - Média \pm desvio-padrão das variáveis hemodinâmicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina e ortostática.....	40
Tabela 4- Média \pm desvio-padrão das variáveis autonômicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina e ortostática.....	43
Tabela 5 - Média \pm desvio-padrão das variáveis hemodinâmicas e autonômicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina comparados ao grupo controle	43
Tabela 6 - Média \pm desvio-padrão das variáveis hemodinâmicas e autonômicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição ortostática comparados ao grupo controle	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATMI	Amputados traumáticos de membro inferior
ATT	Amputados traumáticos transtibiais
DC	Débito cardíaco
DCV	Doença cardiovascular
FC	Frequência cardíaca
HA	Hipertensão arterial
HU/CAS	Hospital Universitário/Centro de atenção à saúde
IMC	Índice de massa corporal
KBM	Kondylen Bettung Munster
MMII	Membros inferiores
PA	Pressão arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAM	Pressão arterial média
PAS	Pressão arterial sistólica
PO	Postura ortostática
PS	Postura supina
PTB	Patellar Tendon Bearing
PTS	Prothese Tibiale Supracondylien
SACH	Solid Ankle-Cushion Heel
SNA	Sistema nervoso autonômo
SDNN	Desvio padrão dos intervalos NN
SNP	Sistema nervoso parassimpático
SNS	Sistema nervoso simpático
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo geral	18
2.2	Objetivos específicos	18
3	REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1	Amputação	19
3.2	Nível de amputação	20
3.3	Próteses de membros inferiores	21
3.3.1	Próteses exoesqueléticas e endoesqueléticas.....	21
3.3.2	Tipos de encaixe.....	22
3.3.3	Pés protéticos.....	22
3.4	Reabilitação de amputados de membros inferiores	23
3.5	Modulação autonômica cardíaca	24
3.5.1	Avaliação da função autonômica cardíaca – variabilidade da frequência cardíaca	25
3.6	Adaptação cardiovascular na postura ortostática	27
3.7	Disfunção autonômica e fatores de risco para doenças cardiovasculares	29
3.8	Doenças cardiovasculares em amputados traumáticos de membros inferiores	30
4	METODOLOGIA	32
4.1	Amostra e aspectos éticos	32
4.2	Instrumentos e procedimentos	32
4.2.1	Anamnese e avaliação física.....	32
4.2.2	Avaliação antropométrica.....	33
4.2.3	Avaliação do nível de atividade física habitual.....	33
4.2.4	Aferição da pressão arterial.....	33
4.2.5	Monitorização eletrocardiográfica.....	33
4.2.6	Registro da frequência cardíaca nas posturas supina e ortostática.....	34
4.2.7	Análise da VFC.....	35
4.3	Procedimento experimental	36
4.4	Análise estatística	38
5	RESULTADOS	39
5.1	Caracterização da amostra	39

5.2	Comparação das variáveis hemodinâmicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina e ortostática.....	40
5.3	Comparação das variáveis autonômicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina e ortostática.....	42
5.4	Comparação amputado vs controle.....	45
6	DISCUSSÃO.....	48
6.1	Avaliação das variáveis hemodinâmicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina e ortostática.....	49
6.2	Avaliação das variáveis autonômicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina e ortostática.....	51
6.3	Comparação amputado vs controle.....	52
6.4	Limitações do estudo.....	54
6.5	Implicações clínicas.....	54
7	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	63
	APÊNDICE B – Ficha de anamnese e exame físico.....	65
	ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do HU-UFJF.....	67
	ANEXO B – Questionário de atividade física habitual.....	68

1 INTRODUÇÃO

Amputação pode ser definida como a perda ou retirada de um membro por remoção de um ou mais ossos. As amputações traumáticas ocorrem quando a vascularização para o membro encontra-se totalmente destruída ou quando o membro encontra-se sem possibilidade de remodelação óssea ou vascular (CANALE, 2007). No Brasil, estima-se que a incidência de amputações seja de 13,9 por 100.000 habitantes/ano (SPICHLER *et al.*, 2001). Na literatura mundial, há controvérsias quanto ao número de amputações, variando de 2,8 a 43,9 por 100.000 habitantes/ano, grande parte delas por causa de patologias vasculares (UNWIN, 2000). Acredita-se que, dentre todas as amputações, as de membros inferiores ocorrem em 85% dos casos (SKINNER, 2006). Causas traumáticas são responsáveis por 10,6% dessas amputações (CAROMANO *et al.*, 1992).

As amputações traumáticas de membros inferiores provocam alterações cardiovasculares, musculoesqueléticas e funcionais (ROSE *et al.*, 1987; KURDIBAYLO, 1994; MODAN *et al.*, 1998; NASCHITZ; LENGGER, 2008; SHAHRIAR *et al.*, 2009). Quanto mais proximal o nível de amputação, maiores são essas alterações (ROSE *et al.*, 1986; PELES *et al.*, 1995; BRIDGET A. FRUGOLI *et al.*, 2000; MOZUMDAR; ROY, 2006; ROBBINS *et al.*, 2009). Resultados de estudos controlados têm demonstrado que o risco relativo de morte devido a causas cardiovasculares é maior em amputados bilaterais do que unilaterais (HRUBEC; RYDER, 1979; VOLLMAR *et al.*, 1989; YEKUTIEL *et al.*, 1989) e maior em indivíduos com amputação proximal do que em amputação distal (VOLLMAR *et al.*, 1989). Dessa forma, os amputados traumáticos de membros inferiores (ATMI) estão sujeitos a um aumento na morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares (DCV) (HRUBEC; RYDER, 1979; GRUBECK-LOEBENSTEIN, B. *et al.*, 1981; PIKKUJÄMSÄ *et al.*, 1998; SEVRE *et al.*, 2001; PASCHOAL *et al.*, 2006; LIMA *et al.*, 2008), quando comparados a população geral (HRUBEC; RYDER, 1979; SHAHRIAR *et al.*, 2009). Entretanto, os fatores de risco para esse aumento de morbidade, bem como os mecanismos patofisiológicos responsáveis, ainda não estão bem esclarecidos (ROSE *et al.*, 1986; PELES *et al.*, 1995; BURGER; MARINCEK, 1997; MODAN *et al.*, 1998; NASCHITZ; LENGGER, 2008).

Ainda não há consenso, mas vários estudos apontam possíveis fatores de risco envolvidos na morbidade cardiovascular, tais como hipertensão arterial (HA) (PELES *et al.*, 1995), alta coagulabilidade sanguínea, hiperatividade simpática (PELES *et al.*, 1995; MODAN *et al.*, 1998), anormalidades hemodinâmicas resultante do fluxo arterial alterado próximo ao local da amputação (NASCHITZ; LENGGER, 2008), hiperinsulinemia, resistência a insulina (ROSE *et al.*,

1987; PELES *et al.*, 1995; MODAN *et al.*, 1998), fumo, obesidade, baixos níveis de atividade física (ROSE *et al.*, 1987; EPHRAIM *et al.*, 2006) e consumo excessivo de álcool (ROSE *et al.*, 1987; BEDI; ARORA, 2007; GUNAWARDENA *et al.*, 2007).

Alguns estudos apresentam resultados conflitantes com relação aos fatores de risco para DCV em amputados (FRUGOLI *et al.*, 2001). Burger e Marincek (1997) por exemplo, relataram que os ATMI que participaram do seu estudo ficaram menos ativos física e socialmente, entretanto, um estudo similar não mostrou diferenças significativas no nível de atividade física entre ATMI e o grupo controle (PELES *et al.*, 1995). Rose *et al* (1986) associaram as alterações metabólicas e hemodinâmicas, encontradas em seu grupo de amputados, ao excessivo ganho de peso após a amputação, ao passo que Modan *et al* (1998) encontraram as mesmas alterações metabólicas, porém sem relação com o ganho de peso, concluindo que essas alterações estariam relacionadas à própria amputação e não a causas secundárias ao estilo de vida ditado pela perda do membro.

Outro achado comum nesses sujeitos é a hiperatividade simpática (ROSE *et al.*, 1986; PELES *et al.*, 1995). Peles *et al* (1995) avaliaram a atividade do sistema nervoso autônomo (SNA) pela resposta da insulina plasmática em um teste oral de tolerância a glicose (TTG), comparando os ATMI a um grupo controle. Os ATMI apresentaram maiores níveis de insulina plasmática em jejum e com isso maior ativação simpática, avaliada pela variabilidade da frequência cardíaca (VFC), com concomitante aumento dos níveis plasmáticos de norepinefrina.

Uma das explicações para a hiperatividade simpática é a irritação crônica no coto promovido pelo encaixe protético. Grubeck-Loebenstein *et al* (1981) investigaram por meio das catecolaminas plasmáticas, se a elevação da pressão arterial (PA) e o aumento da atividade nervosa simpática têm relação com o uso da prótese. A amostra deste estudo foi constituída de amputados traumáticos hipertensos, hipertensos não amputados e normotensos, avaliados em repouso na posição supina (PS) e durante a marcha, simulando os efeitos do uso da prótese, pela aplicação de pressão negativa nos membros inferiores (PNMI) no coto dos amputados e na coxa do grupo controle. Os amputados deambularam sem a prótese, com auxílio de muletas e com a prótese sem as muletas. No repouso, os resultados não mostraram elevação da atividade do sistema nervoso simpático (SNS) e os níveis basais de norepinefrina (NE) e epinefrina (E) não diferiram entre os grupos. Durante a marcha com a prótese, houve maior elevação de NE e PA nos amputados hipertensos. O aumento das catecolaminas foi justificado pela compressão do membro amputado sobre o encaixe protético que aumenta durante a marcha, uma vez que, ao deambular sem a prótese com muletas, esse resultado não

foi encontrado. Dessa forma, os autores concluíram que o esforço físico de caminhar com a prótese não pode ser excluído como possível fator que aumenta a atividade nervosa simpática (PELES *et al.*, 1995). Nesse estudo os amputados já eram hipertensos e a avaliação do SNA foi realizada por meio das catecolaminas séricas, que é uma medida neuroendócrina que promove ajustes mais tardios e de longa duração no controle autonômico cardíaco (DE ANGELIS, 2004). As medidas realizadas em supino utilizaram um dispositivo para simular o efeito da prótese tanto em amputados quanto no controle e, por fim, o estudo analisou o efeito da compressão durante a marcha, não avaliando se a manutenção na postura ortostática já iria interferir no balanço autonômico. Dessa forma, não foram encontrados estudos que utilizassem a VFC, que é um método que nos permite analisar o controle neural cardíaco que possibilita rápidos ajustes dos parâmetros cardiocirculatórios, para avaliar as respostas do SNA, em condições de repouso, na posição supina e ortostática comparando com e sem o uso da prótese.

Devido à importância das modificações funcionais cardiovasculares mediadas pelo controle autonômico sobre o coração, a avaliação quanto à sua integridade, ajustes e adaptações são de extrema importância. Portanto, a proposta desse estudo foi avaliar a resposta hemodinâmica e autonômica em amputados traumáticos de membro inferior nas posições supina e ortostática, com e sem a prótese e comparar com indivíduos sem amputação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Testar a hipótese que o uso da prótese em amputados transtibiais traumáticos aumenta a PA e a FC e diminui a VFC, na postura supina e ortostática.

2.2 Objetivos específicos

Testar as hipóteses que os amputados apresentam:

- Maiores valores de PA e FC com o uso da prótese, na postura supina e ortostática.
- Menores valores de VFC com o uso da prótese, na postura supina e ortostática.
- Maiores valores de PA e FC, e menores valores de VFC, quando comparados a um grupo controle sem amputações.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Amputação

Amputação pode ser definida como a perda ou retirada de um membro pela remoção de um ou mais ossos. No Brasil, estima-se que a incidência de amputações seja de 13,9 por 100.000 habitantes/ano (SPICHLER *et al.*, 2001). Na literatura mundial, há controvérsias quanto ao número de amputações, variando de 2,8 a 43,9 por 100.000 habitantes/ano, sendo a incidência mais significativa em indivíduos com patologias vasculares (UNWIN, 2000). Acredita-se que, dentre todas as amputações, as de membros inferiores ocorrem em 85% dos casos (SKINNER, 2006) e o nível de amputação transtibial é o mais comum (EPHRAIM *et al.*, 2006).

Causas traumáticas são responsáveis por 10,6% dessas amputações, que ocorrem devido a acidentes de trânsito, ferimentos por arma de fogo, sendo essa a segunda maior causa de traumatismos; queimaduras ou acidentes de trabalho (BOCCOLINI, 1990; PASTRE *et al.*, 2005) e, normalmente, acometem indivíduos mais jovens (BOCCOLINI, 1990; SAGAWA JR Y, 2011; PERKINS *et al.*, 2012).

A Figura 1 apresenta as causas mais frequentes de amputações feitas pelo SUS em 2011.

	Causas	Frequência	%
1	Causas externas	16.294	33,1%
2	Algumas doenças infecciosas e parasitárias	8.808	17,9%
3	Doenças do aparelho circulatório	7.905	16,1%
4	Diabetes	6.672	13,6%
5	Gangrena (não classificada em outra parte)	5.136	10,4%
6	Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo	2.961	6,0%
7	Neoplasias	957	1,9%
8	Doenças da pele e do tecido subcutâneo	230	0,5%
9	Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas	202	0,4%
	Total	49.165	100%

Figura 1- Frequência de procedimentos de amputação no SUS, por causa –
Fonte: SIHSUS, 2011

As amputações de membros inferiores (MMII) ocorrem principalmente devido às etiologias vasculares e traumáticas (WATERS; MULROY, 1999; SAGAWA JR Y, 2011). 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 *et al.*, 2005; SAGAWA JR Y, 2011) As amputações traumáticas ocorrem quando a vascularização para o membro encontra-se totalmente destruída ou quando o membro encontra-se sem possibilidade de remodelação óssea ou vascular (CANALE, 2007), sendo responsáveis por 10,6% e os tumores malignos por 5,8% (CAROMANO *et al.*, 1992; CARVALHO, 2003).

A retirada cirúrgica de um membro pode ocorrer por indicação eletiva ou em 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, que trazem riscos à vida do paciente (BOCCOLINI, 1990; SAGAWA JR Y, 2011; PERKINS *et al.*, 2012).

3.2 Nível de amputação

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 da prótese. É reconhecido que para uma boa protetização, o nível ideal de amputação para os ossos longos, fêmur e tíbia, situa-se no terço médio da diáfise óssea devido aos tecidos moles possuírem maior elasticidade e, portanto proporcionando melhor adaptação à prótese e maior facilidade de deambulação (BOCCOLINI, 1990; PERKINS *et al.*, 2012). Dessa forma, a preservação do joelho é um fator determinante ao prognóstico funcional dos amputados (BOCCOLINI, 1990; WATERS; MULROY, 1999; PERKINS *et al.*, 2012).

Pela importância das articulações, a amputação deve ser realizada o mais distante destas quer a nível proximal quer distal. Esta consideração baseia-se no maior abaulamento ósseo junto a metafises, à dissipação de massa muscular, ganho de elasticidade dos tecidos, facilidade de colocação e remoção da prótese e ao menor gasto energético durante a marcha. A regra geral é a maior conservação da extremidade (CARVALHO, 2003).

Quanto à classificação, os níveis de amputação são designados de acordo com o local da cirurgia, a saber: hemipelvectomy, desarticulação do quadril, transfemoral, desarticulação do joelho, transtibial, desarticulação do tornozelo, Syme (entre a tíbia e a fíbula) e parcial do

pé. Os dois níveis de amputação de membros inferiores mais realizados são o transtibial (56%) e o transfemural (37%) (BOCCOLINI, 1990).

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 a locomoção humana (BOCCOLINI, 1990; CARVALHO, 2003; PEDRINELLI, 2004), sendo compostas por: encaixe, pés, hastes de conexão entre os componentes da prótese e a articulação do joelho quando a amputação é do nível transfemoral (BOCCOLINI, 1990; BLOHMKE, 1993; CARVALHO, 2003; PEDRINELLI, 2004). As próteses transtibiais diferenciam entre si dependendo do tipo, da composição do encaixe e do tipo de pé, sendo classificadas como exoesqueléticas ou endoesqueléticas (BOCCOLINI, 1990; PEDRINELLI, 2004; PASTRE *et al.*, 2005). A escolha do tipo e dos componentes da prótese ocorre de acordo com a necessidade do indivíduo e, principalmente, de acordo com sua condição financeira (VAN DER LINDE *et al.*, 2004).

3.3.1 Próteses exoesqueléticas e endoesqueléticas

As próteses exoesqueléticas possuem a 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 (BOCCOLINI, 1990; BLOHMKE, 1993; PEDRINELLI, 2004; PASTRE *et al.*, 2005).

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, 1990; PEDRINELLI, 2004; PASTRE *et al.*, 2005). Devido ao sistema de fixação dos componentes com parafusos, é possível efetuar ajustes e mudanças de

alinhamento, assim como trocas rápidas de componentes (BLOHMKE, 1993; PEDRINELLI, 2004).

3.3.2 Tipos de encaixe

O encaixe é a região da prótese que 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, 1990; CARVALHO, 2003; PEDRINELLI, 2004; PASTRE *et al.*, 2005).

3.3.3 Pés protéticos

Os pés protéticos são componentes importantes para o alinhamento da prótese e qualidade da marcha dos amputados (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, 1990; CARVALHO, 2003; PEDRINELLI, 2004; PASTRE *et al.*, 2005).

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 necessita de estabilização na articulação do joelho (BLOHMKE, 1993; CARVALHO, 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, 1993; PEDRINELLI, 2004). Os pés articulados são aqueles que se articulam ao nível do tornozelo e podem ser monoaxiais ou biaxiais. Os monoaxiais possuem a porção anterior maciça e são compostos por articulação de um só eixo transversal, que permite a flexão plantar e dorsal (PEDRINELLI, 2004). São contra indicados para amputações transtibiais e próteses compostas por joelhos ativos (CARVALHO, 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, 1990; PEDRINELLI, 2004; CARVALHO *et al.*, 2005).

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 (SOARES *et al.*, 2009; BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011). Além disso, adapta-se às distintas velocidades de marcha, tendo boa capacidade de absorção de impacto e adaptação às superfícies irregulares (BLOHMKE, 1993; SOARES *et al.*, 2009; BONA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2011).

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, 2003).

3.4 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. Os principais objetivos da reabilitação do amputado de membro inferior são a independência funcional e a deambulação, seja 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, 1990; PEDRINELLI, 2004; PASTRE *et al.*, 2005).

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 para 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, 1990; CARVALHO, 2003; PEDRINELLI, 2004).

3.5 Modulação autonômica cardíaca

O SNA exerce uma influência permanente sobre o funcionamento de diversos órgãos, aparelhos e sistemas que compõem o organismo humano, tanto em condições normais quanto patológicas (PASCHOAL, *et al.*; VANDERLEI *et al.*), sendo essencial para a preservação das condições do equilíbrio fisiológico interno, permitindo a interação do organismo com o meio ambiente circundante (PASCHOAL, M. A. *et al.*; CASTRO, 1992). Fatores que provocam desequilíbrios promovem, prontamente, respostas orgânicas automáticas e involuntárias com o objetivo de reverter o processo em andamento e restaurar o equilíbrio funcional. Essas respostas reguladoras são chamadas de respostas autonômicas, pois são efetuadas pela SNA através de suas subdivisões anátomo-funcionais, o sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpático ou vagal (SNP) (PASCHOAL, *et al.*).

O controle do sistema cardiovascular é realizado, em parte, pelo SNA, o qual fornece nervos aferentes e eferentes ao coração, na forma de terminações simpáticas por todo o miocárdio e terminações parassimpáticas para o nodo sinoatrial, o miocárdio atrial e o nódulo átrioventricular (VANDERLEI *et al.*). A FC representa o balanço simpato-vagal que é obtido pelo efeito somatório do parassimpático que diminui a FC e do simpático que a acelera. Esse balanço parece ter importância não só em condições fisiológicas como também em condições patológicas (PAGANI *et al.*, 1997).

A FC intrínseca do coração, na ausência de influência neuro-humoral, é de cerca de 100 a 120 batimentos por minuto (bpm). As alças autonômicas atuam em sincronia no SNA afim de regular a FC, sendo que, em repouso, há predomínio da ação vagal, a fim de reduzir os batimentos cardíacos. A atividade vagal sobre o sistema cardiovascular é benéfica, pois diminui o trabalho cardíaco e a demanda de oxigênio pelo miocárdio, pela da redução da FC e da contratilidade do

miocárdio (LEWIS *et al.*, 2001). Em contrapartida, os efeitos da ação simpática prolongada sobre o coração são deletérios (MANN *et al.*, 1992).

Em situações como repouso, durante o sono, na circunstância de um estado emocional alterado, ou no decorrer de um ato fisiológico, as exigências funcionais orgânicas assumem distintas peculiaridades. Em cada situação, o aparelho cardiovascular adapta seu funcionamento visando atender as diferentes necessidades específicas de cada órgão ou sistema (PUMPRLA *et al.*, 2002).

3.5.1 Avaliação da função autonômica cardíaca – variabilidade da frequência cardíaca

Os batimentos cardíacos não apresentam a regularidade de um relógio. As alterações na FC são definidas como VFC. Essas alterações são normais e esperadas e refletem a habilidade do coração em responder a múltiplos estímulos fisiológicos e ambientais, dentre eles, respiração, exercício físico, estresse mental, alterações hemodinâmicas e metabólicas, sono e ortostatismo, assim como em compensar desordens induzidas por doenças (VANDERLEI *et al.*; PUMPRLA *et al.*, 2002).

A VFC é a variação que ocorre entre batimentos cardíacos sucessivos, em ritmo sinusal, obtida a partir dos intervalos R-R (iRR) (CAMM *et al.*, 1996), estando relacionada às influências do SNA sobre o nodo sinoatrial. A VFC é uma medida não invasiva, que pode ser utilizada para identificar fenômenos relacionados ao SNA em indivíduos saudáveis, atletas e portadores de doenças (VANDERLEI *et al.*). A VFC é determinada pelas flutuações periódicas dos iNN que são os intervalos entre os complexos QRS adjacentes originados da despolarização sinusal. A mensuração da VFC pode ser representada através de registros de longa duração por meio do Holter -24 horas ou de curta duração com 5 minutos. A VFC pode ser analisada por meio de modelos de análise linear no domínio do tempo e da frequência e não linear através de modelos geométricos e teoria do caos (CAMM *et al.*, 1996).

Para a análise da VFC no domínio do tempo, registram-se cada intervalo RR normal (batimentos sinusais) durante determinado intervalo de tempo e, a partir daí, com base em métodos estatísticos ou geométricos (média, desvio padrão e índices derivados do histograma ou do mapa de coordenadas cartesianas dos intervalos RR), calculam-se os índices tradutores de flutuações na duração dos ciclos cardíacos (VANDERLEI *et al.*). As variáveis mais utilizadas e recomendadas pela Sociedade Européia e Norte Americana de Cardiologia (CAMM *et al.*, 1996) são descritas na Tabela 1.

Tabela1 - Índices do domínio do tempo da variabilidade da frequência cardíaca

Variável	Unidade	Descrição
SDNN	ms	Desvio padrão dos iNN
RMSSD	ms	Raiz quadrada da média da diferença entre iNN consecutivos
NN50	ms	Número de intervalos nos quais a diferença entre iNN consecutivos é maior do que 50 ms
pNN50	%	Porcentagem dos iNN nos quais as diferenças sucessivas entre eles são maiores do que 50 ms

Os índices RMSSD, NN50 e pNN50 representam a atividade parassimpática, pois são obtidos a partir da análise de intervalos R-R adjacentes. Já o índice SDNN representa a atividade simpática e vagal, porém não permite distinguir quando as alterações da VFC são devidas ao aumento do tônus simpático ou à retirada do tônus vagal (VANDERLEI *et al.*; CAMM *et al.*, 1996).

A VFC também pode ser avaliada por meio de medidas no domínio da frequência. As medidas são derivadas da análise da densidade do espectro de potência que decompõe a VFC em componentes de frequências específicos, ou seja, em seus componentes causadores, apresentando-os segundo a frequência com que alteram a FC. Independente do método utilizado para cálculo da densidade espectral, seja pela transformada rápida de Fourier ou análise autoregressiva, delimitam-se, normalmente, quatro faixas de frequências distintas (CAMM *et al.*, 1996).

- Componente de alta frequência (High frequency – HF) - com variação de 0,15 a 0,4 Hz, que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração.
- Componente de baixa frequência (Low-frequency – LF) - com variação entre 0,04 e 0,15 Hz que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático.
- Componente de muito baixa-frequência (Very low frequency – VLF) - com variação de 0,003 a 0,04 Hz. Esse índice é menos utilizado, sua explicação fisiológica não está bem estabelecida e parece estar relacionada ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, e ao tônus vasomotor periférico.
- Ultra-baixa frequência (UBF: 10^{-5} a 10^{-2} Hz) - sua correspondência fisiológica ainda permanece obscura.

A relação LF/HF reflete as alterações absolutas e relativas entre os componentes simpático e parassimpático do SNA, caracterizando o balanço simpato-vagal sobre o coração (VANDERLEI *et al.*).

Com relação à interpretação da modulação autonômica em diversas condições funcionais, a caracterização dos componentes simpático e parassimpático vem sendo realizada por meio de

testes que avaliam as respostas, espontâneas ou induzidas, da FC, de natureza barorreflexa. Os procedimentos mais utilizados para induzir alterações da FC são: a mudança postural ativa (PASCHOAL *et al.*; PUMPRLA *et al.*, 2002; VANDERLEI *et al.*, 2009) ou passiva (WECHT *et al.*, 2003), exercício físico (PASCHOAL *et al.*, 2004; ANCONA *et al.*, 2009; GRANT *et al.*, 2012; MOLINA, 2013), a administração de drogas vasopressoras ou dilatadoras (WEISE *et al.*, 1987), a arritmia sinusal respiratória (DE PAIVA *et al.*, 2011), a manobra de Valsalva (PUMPRLA *et al.*, 2002; DE PAIVA *et al.*, 2011), a estimulação extrínseca dos receptores carotídeos e aplicação de pressão negativa nos membros inferiores (“*lower body negative pressure*”) (CHEN, 2001).

No presente estudo, os procedimentos serão realizados em repouso supino e na postura ortostática, a qual é uma manobra que induz o aumento da descarga simpática sobre o coração (PUMPRLA *et al.*, 2002). São situações funcionais e que, portanto, não oferecem risco aos voluntários e desencadeiam respostas neurais específicas, relativamente bem conhecidas.

3.6 Adaptação cardiovascular na postura ortostática

A adoção da PO, além de natural e muito simples, promove alterações hemodinâmicas, provocando uma intensa descarga simpática, possibilitando inferências bastante seguras sobre a integridade da via simpática do SNA (PUMPRLA *et al.*, 2002). As alterações da FC que ocorrem na PO estão relacionadas com a dificuldade relativa do retorno venoso, comparativamente ao repouso supino (FREITAS, 1998; PUMPRLA *et al.*, 2002; NETO, 2006; .

Em indivíduos normais, quando em repouso supino, cerca de 25 a 30% do volume sanguíneo está no tórax. Ao assumir a PO há um desvio de sangue, proveniente da região torácica chamado de *pool* venoso, de cerca de 500 a 1000 ml para os membros inferiores, vísceras abdominais, o que representa uma diminuição de cerca de 25 a 30 % do volume sanguíneo no tórax, sendo que 50% dos quais nos primeiros segundos (FREITAS, 1998), levando à dificuldade relativa do retorno venoso, comparativamente ao repouso supino (Figura 2). Em decorrência do aumento na resistência ao retorno do fluxo sanguíneo dos membros inferiores e abdome para o coração, oferecida pela força da gravidade, ocorre diminuição transitória do retorno venoso e conseqüente diminuição do enchimento ventricular, do volume sistólico, do débito cardíaco (DC) e da PA (PORTO, 2007), que será corrigida pelos mecanismos de ajustes à ortostase, de origem mecânica, nervosa e humoral.

A queda da PA e do volume sanguíneo torácico induz, por meio principalmente do barorreflexo arterial, ativação simpática e inibição vagal, provocando elevação da FC, aumento do inotropismo e vasoconstrição periférica, cujo resultado, em indivíduos saudáveis, é um discreto aumento da pressão arterial média (PAM) e PAD e pouca ou nenhuma alteração da PAS (CASTRO, 1992), fazendo com que a queda da PA e DC sejam limitados, havendo estabilidade hemodinâmica cerca de 1 minuto após o ortostatismo (FREITAS, 1998).

Devido a estes mecanismos compensatórios, normalmente, ao se assumir a PO, ocorre uma elevação imediata de 30% a 35% da FC em cerca de 8 a 15 segundos e, posteriormente, redução da FC. Para manutenção de adequado fluxo sanguíneo cerebral, após a mudança de supino para ortostática, há aumento em torno de 15% a 30% da resposta da FC, em adultos saudáveis, devendo estabilizar em 30 segundos a 20 minutos, associada a um aumento de 10% a 15% da pressão diastólica e aumento entre 30% a 40% da resistência vascular. Diante disso, a postura ortostática provoca uma descarga simpática intensa, possibilitando inferências bastante seguras sobre a via simpática do SNA (PORTO, 2007).

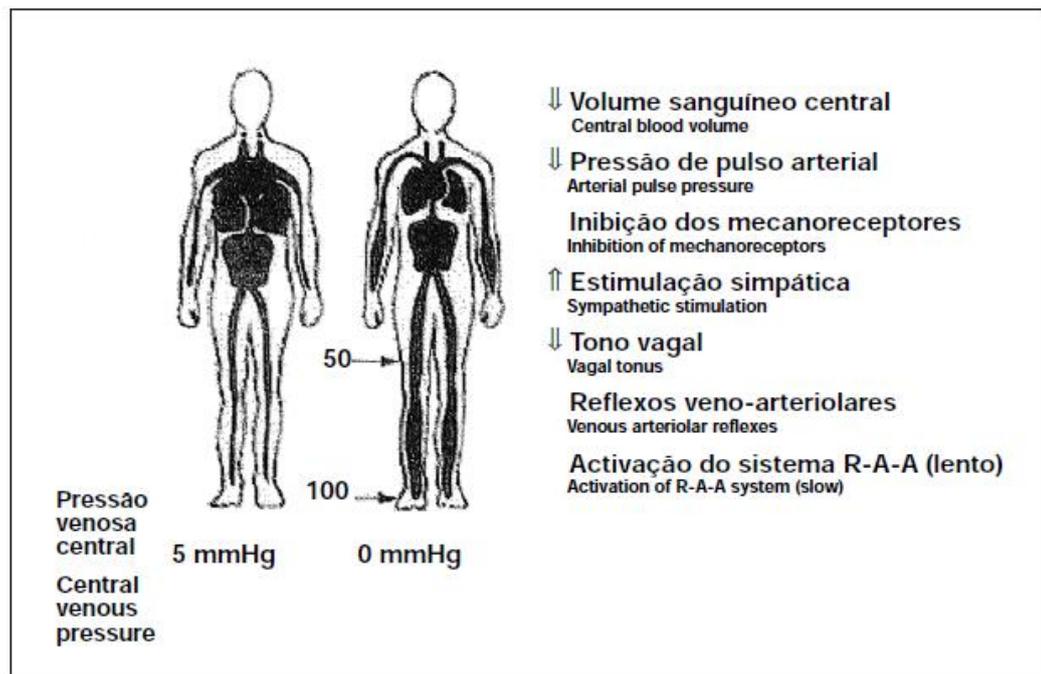


FIGURA 2 -A diminuição do volume sanguíneo no tórax e cérebro com o ortostatismo leva de imediato a várias respostas neuro-humorais para tentar preservar a homeostasia cardiovascular.

Fonte: Neto, 2006.

3.7 Disfunção autonômica e fatores de risco para doenças cardiovasculares

O SNA é constituído de dois ramos: o SNS que está associado com a mobilização de energia e o SNP que está associado com funções vegetativas e restaurativas. Normalmente a atividade desses dois ramos está em um equilíbrio dinâmico e podem ser rapidamente moduladas em resposta a mudanças nas demandas ambientais. A disfunção autonômica na qual um ramo está mais ativo que o outro está associado com a perda da flexibilidade dinâmica e da saúde. Há evidências que sugerem que na disfunção autonômica, tipicamente há uma hiperatividade simpática com uma hipoatividade parassimpática, estando associado com várias condições patológicas. Dessa forma, a hiperatividade simpática por longos períodos de tempo, aumenta o gasto energético sobre o sistema cardiovascular (THAYER *et al.*, 2010).

A avaliação da atividade do SNA tem permitido estimar a contribuição desse sistema nas respostas alteradas, associadas à doença cardiovascular. Evidências apontam para a hiperatividade simpática na fisiopatologia da hipertensão, do diabetes mellitus e da insuficiência cardíaca. Da mesma forma, a redução da modulação parassimpática parece contribuir para o aumento da variabilidade da PA conseqüentemente, para as lesões de órgãos alvos observadas nessas doenças (DE ANGELIS *et al.*, 2004).

A VFC tem sido utilizada para avaliar a disfunção autonômica, doenças e mortalidade. A atividade parassimpática e VFC tem sido associada com disfunção auto-imune e inflamação, que se relaciona a uma variedade de condições das quais se destaca a DCV e diabetes (THAYER *et al.*, 2010). A diminuição na VFC é considerada um fator de risco independente para morbidade e mortalidade (PUMPRLA *et al.*, 2002). Thayer *et al* (2010) ao realizarem uma revisão bibliográfica sobre a relação entre o desequilíbrio autonômico, VFC e fatores de risco para doenças cardiovasculares, relataram que, em situações nas quais havia um desequilíbrio autonômico por meio da redução das influências inibitórias do SNP, estavam associados com o aumento na morbidade e em todas as causas de mortalidade.

Vários estudos têm mostrado que a elevação da FC está associada não somente com altos índices de PA, mas também com vários outros fatores de risco, especialmente distúrbios metabólicos tais como glicemia aumentada, triglicérides, índice de massa corporal e colesterol total. Esses achados não são particularmente surpreendentes, já que o aumento da FC é considerado um sinal do aumento do tônus simpático, o qual afeta todas outras desordens metabólicas. A síndrome metabólica, por exemplo, que é a associação de obesidade abdominal e resistência à insulina, acelera a FC por acentuar o tônus simpático (PERRET-GUILLAUME *et al.*, 2009).

Dessa forma, observa-se crescente interesse acerca de métodos que avaliem a função do SNA, não só do ponto de vista fisiológico, mas também pela sua relevância clínica, já que as disautonomias têm sido relatadas em inúmeras doenças (CASTRO, 1992).

3.8 Doenças cardiovasculares em amputados traumáticos de membro inferior

O aumento da ocorrência de hipertensão tem sido relatado entre amputados de MMII (ROSE *et al.*, 1986; ROSE *et al.*, 1987; KURDIBAYLO, 1994; PELES *et al.*, 1995; MODAN *et al.*, 1998; FRUGOLI *et al.*, 2000; MOZUMDAR, 2006; NASCHITZ; LENGGER, 2008; ROBBINS *et al.*, 2009; SHAHRIAR *et al.*, 2009). As amputações traumáticas de membros inferiores provocam alterações cardiovasculares, musculoesqueléticas e funcionais (ROSE *et al.*, 1987; KURDIBAYLO, 1994; MODAN *et al.*, 1998; NASCHITZ; LENGGER, 2008; SHAHRIAR *et al.*, 2009) e, quanto mais proximal a amputação, maiores são essas alterações (ROSE *et al.*, 1986; PELES *et al.*, 1995; FRUGOLI *et al.*, 2000; MOZUMDAR; ROY, 2006; ROBBINS *et al.*, 2009). Resultados de estudos controlados têm demonstrado que o risco relativo de morte devido a causas cardiovasculares é maior em amputados bilaterais do que unilaterais (HRUBEC; RYDER, 1979; VOLLMAR *et al.*, 1989; YEKUTIEL *et al.*, 1989) e maior em indivíduos com amputação transfemoral do que naqueles com amputação transtibial (VOLLMAR *et al.*, 1989). Os amputados de membros inferiores traumáticos (AMIT) estão sujeitos a um aumento na morbidade e mortalidade por doença cardiovascular (DCV) (HRUBEC; RYDER, 1979; GRUBECK-LOEBENSTEIN, B. *et al.*, 1981; PIKKUJÄMSÄ *et al.*, 1998; SEVRE *et al.*, 2001; PASCHOAL *et al.*, 2006; LIMA *et al.*, 2008), quando com a população geral (HRUBEC; RYDER, 1979; SHAHRIAR *et al.*, 2009). Entretanto, os fatores de risco para essa amplificada morbidade e o envolvimento dos mecanismos patofisiológicos ainda não estão bem esclarecidos (ROSE *et al.*, 1986; PELES *et al.*, 1995; MODAN *et al.*, 1998; NASCHITZ; LENGGER, 2008).

Embora as causas não sejam bem esclarecidas, é sabido que amputados pós-traumáticos apresentam vários fatores de riscos, os quais podem ter conseqüências adversas para o sistema arterial, tais como alta coagulabilidade sanguínea, hiperatividade simpática (MODAN *et al.*, 1998), resistência a insulina (ROSE *et al.*, 1987; PELES *et al.*, 1995; MODAN *et al.*, 1998), fumo, obesidade, baixos níveis de atividade física e consumo excessivo de álcool (ROSE *et al.*, 1987).

Santos *et al* (2005) observaram que indivíduos com insuficiência cardíaca que apresentavam maior ativação simpática, possuíam maiores índices de mortalidade. Fukuta *et al.*(2003) relataram que em indivíduos com doença renal, nos quais a atividade nervosa autônoma

foi aferida por meio de VFC, aqueles que apresentavam menor atividade vagal também possuíam maiores índices de mortalidade.

Em AMIT foi encontrado aumento dos níveis de catecolaminas séricas associado à compressão do coto, devido ao uso da prótese, aumentando assim a atividade nervosa simpática (PELES *et al.*, 1995). Esse aumento foi justificado pela compressão do membro amputado no encaixe protético, que aumenta durante a marcha, uma vez que os amputados ao deambularem com muletas e sem a prótese não houve o aumento nos níveis de catecolaminas. Apesar de ter sido observado aumento da atividade nervosa simpática durante a marcha, através das catecolaminas séricas, não foram encontrados estudos que analisassem o comportamento da VFC durante o repouso e na posição ortostática (PO) comparando os resultados com e sem o uso da prótese.

Com base na literatura, há poucas publicações que enfocam variáveis fisiológicas no estudo com amputados, sendo as variáveis biomecânicas, principalmente durante a marcha, de maior interesse entre os pesquisadores. Em uma revisão sistemática, realizada por Sagawa e colaboradores (SAGAWA, 2011), sobre os parâmetros biomecânicos e fisiológicos durante a marcha de amputados de MMII, os autores encontraram 584 resumos, dos quais 89 atenderam aos critérios de inclusão propostos na pesquisa. Desses, apenas 9 utilizaram parâmetros fisiológicos cardíacos nas avaliações, sendo 8 com FC e 1 com PA. Dessa forma, podemos afirmar que há poucas publicações envolvendo variáveis fisiológicas, principalmente a VFC, nos estudos com ATMI.

4 METODOLOGIA

4.1 Amostra e aspectos éticos

Participaram do estudo 20 indivíduos adultos, do sexo masculino, 10 com amputações transtibiais unilaterais traumáticas, e 10 indivíduos sem amputações (controles). Para compor a amostra os indivíduos deveriam atender os seguintes critérios de inclusão: os amputados deveriam ter sido protetizados há mais de dois anos, deambular sem dispositivos auxiliares de marcha e possuir uma prótese alinhada, com encaixe do tipo PTS ou KBM e com pés Sach®.

Como critério de exclusão os indivíduos não poderiam apresentar doenças neuromusculares ou cardiovasculares que pudessem interferir na execução dos protocolos realizados e/ou arritmias cardíacas detectadas durante monitorização eletrocardiográfica de repouso. Também seriam excluídos os que fizessem uso de medicamentos que influenciassem as variáveis autonômicas.

Todos os voluntários foram esclarecidos da natureza e propósito desta pesquisa e após concordarem, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) elaborado de acordo com a resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do Hospital Universitário da UFJF (CEP-HU) sob o parecer número 323/2011, redigido em duas vias (Apêndice A).

4.2 Instrumentos e procedimentos

4.2.1 Anamnese e avaliação física

Na anamnese (Apêndice B), foi realizada a investigação sobre a amputação e protetização, além de história de doenças prévias, presença de fatores de risco para doenças do sistema cardiovascular e histórico familiar.

Na avaliação física foram coletados os dados antropométricos, avaliado os sinais vitais (FC e PA), as condições do coto da amputação e o tipo de prótese (Apêndice B).

Na sequência, foi aplicado o questionário para mensuração do nível habitual de atividade física (Anexo B), seguido do protocolo experimental

4.2.2 Avaliação antropométrica

A estatura foi mensurada, por meio do estadiômetro Líder®, a massa corporal (kg), por meio da balança Líder® e medidas das dobras cutâneas por meio do adipômetro Cescorf®. Para o cálculo de percentual de gordura, foi utilizado o protocolo Pollock 3 dobras (OSTERKAMP, 1995) sendo utilizadas as pregas cutâneas abdominal, torácica e da coxa. A massa corporal dos amputados foi avaliada com e sem a prótese e, posteriormente, foi corrigida para cálculo do índice de massa corporal (Apêndice B).

4.2.3 Avaliação do nível de atividade física habitual

Para investigação dos níveis de atividade física habitual, os voluntários responderam ao Questionário de Baecke (FLORINDO; LATORRE, 2004) (Anexo B). O questionário permite a obtenção de escores do nível de atividade física habitual em três domínios: ocupacional, exercício físico/esporte, lazer/locomoção. O domínio exercício físico/esporte foi expresso por seus valores brutos que consideram intensidade, duração e frequência. Quanto maior o escore alcançado no questionário, maior o nível de atividade física.

4.2.4 Aferição da pressão arterial

A aferição da pressão arterial (PA) foi feita de acordo com as VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão (2010) pelo método auscultatório e oscilométrico. O método auscultatório foi utilizado durante o repouso na postura supina e ortostática, pelo 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 PAS e PAD, respectivamente. A avaliação da PA foi padronizada no membro superior direito, para todos os protocolos.

No método oscilométrico a PA foi aferida por meio do aparelho Dixtal® (modelo 2023), somente durante a avaliação inicial em repouso.

4.2.5- Monitorização eletrocardiográfica

A monitorização eletrocardiográfica foi realizada por meio do aparelho Dixtal® (modelo 2023), utilizando todas as derivações cardíacas, na postura supina e ortostática

(figura 3), sendo a PA aferida pelo método oscilométrico simultaneamente. A partir dessa avaliação foi possível detectar arritmias cardíacas, as quais foram um critério de exclusão do estudo.

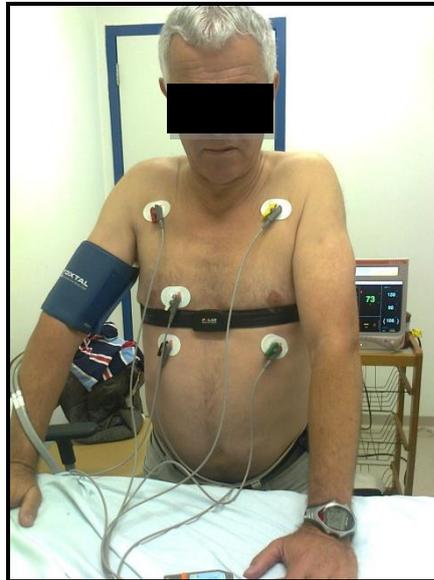


Figura 3- Voluntário utilizando o Dixtal 233 na postura ortostática

Fonte: arquivo da autora

4.2.6 Registro da frequência cardíaca nas posturas supina e ortostática

O registro dos batimentos cardíacos, para o cálculo das medidas de VFC, foi realizado por meio do monitor de frequência cardíaca Polar® modelo RS300CX. A cinta de captação foi colocada no tórax dos voluntários e, no pulso, o receptor. A ordem de aplicação do protocolo de registro da FC foi estabelecida por meio de sorteio, para cada voluntário. O grupo amputado realizou o procedimento com e sem a prótese. O grupo controle realizou as medidas 2 vezes. Após o sorteio, os voluntários, permaneceram em uma maca alta na posição supina, em repouso e respiração espontânea por 10 minutos. Após os 10 minutos de repouso 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 permanecendo por 10 minutos nessa posição. Após esse período, os voluntários foram orientados a sentarem na maca e retirarem ou colocarem sua prótese, para o grupo amputado, sendo o procedimento realizado novamente. O protocolo foi realizado no tempo total de aproximadamente 41 minutos.

Os valores pontuais dos intervalos entre cada batimento cardíaco (iRR) registrados foram direcionados a um microcomputador, pela transmissão de dados do receptor de pulso para o *software Polar Precision Performance*, utilizando-se uma interface de emissão de sinais infravermelhos no qual foram inspecionados e filtrados pelas interpolações do software.

4.2.7 Análise da VFC

Os dados filtrados foram exportados como arquivo .txt e analisados utilizando o software *Advanced Heart Rate Variability Analysis* versão 2.0 (Biomedical Signal Analysis Group, University of Kuopio, Finland). Neste aplicativo, foi realizada a correção de artefatos utilizando o filtro de nível médio do software e foram calculados os índices de VFC no domínio do tempo (iRR, RMSSD, pNN50). Para a estimativa da função densidade espectral de potência, pelo método não paramétrico da transformada rápida de Fourier (MALIK; CAMM, 1995), efetuou-se a remoção da componente de tendência (detrend) da série temporal, pelo método de suavização a priori, e a decimação em uma frequência de 4Hz utilizando interpolação por spline cúbica. Para a análise dos índices de VFC no domínio do tempo e da frequência foram considerados os últimos 5 minutos do registro em cada posição, conforme demonstrado na figura 4 tacograma de um voluntário.

As séries temporais com duração de cinco minutos selecionadas foram transferidas para o software Kubios HRV Analysis, versão 2.0 (TARVAINEN; NISKANEN, 2008). Para a análise espectral da VFC foram estimadas as bandas de baixa frequência (LF) correspondentes a 0,04 a 0,15 Hz a potência de alta frequência (HF) corresponde a >0,15 Hz - 0,40 Hz, expressas em unidades normalizadas, além da razão LF/HF. A razão LF/HF é interpretada como uma medida indireta do balanço simpato-vagal e a amplitude das componentes de frequência da banda LF refletem a atuação simultânea simpática e vagal sobre o nódulo sinoatrial, enquanto a da banda HF reflete exclusivamente a atuação do vago. Na análise no domínio do tempo foram considerados os seguintes índices: rMSSD e o pNN50.

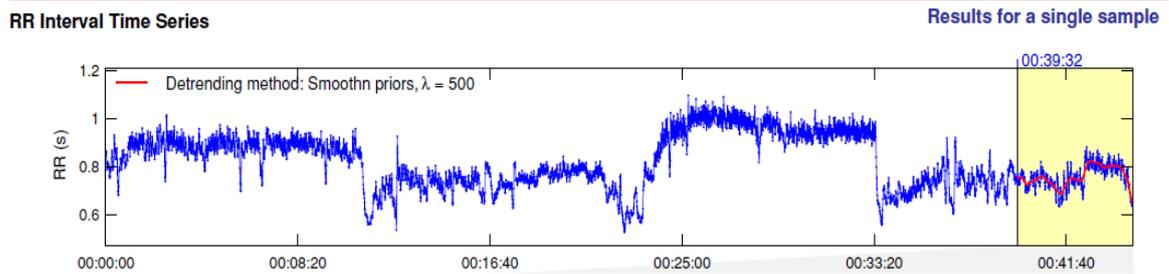


Figura 4- Exemplo de um tacograma, de um voluntário, exportado para o programa Kubios.

Fonte: arquivo da autora.

4.3 Procedimento experimental

O protocolo experimental constou de dois dias distintos e não consecutivos. As coletas foram realizadas no Laboratório de Avaliação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora – HU/CAS e Laboratório de Avaliação Motora – FAEFID/UFJF, no período da manhã entre 07:00 às 12:00 h.

No primeiro dia de experimento, os indivíduos foram esclarecidos sobre sua participação no projeto, assinaram o TCLE e foram submetidos à anamnese, avaliação física, antropométrica, registro da PA e FC. No mesmo dia, foi aplicado o questionário proposto no estudo e familiarizados com os procedimentos da coleta. Para o segundo dia de avaliação os voluntários foram orientados a não consumirem, bebidas alcoólicas, cafeína, não praticarem exercícios intensos nas 24 horas que antecediam os experimentos e ficarem em jejum para coleta da FC. Nesse dia foram coletadas a PA e a FC em repouso na posição supina e ortostática. Os voluntários permaneceram na posição supina por 10 minutos em respiração espontânea, sendo a FC registrada pelo cardiofrequencímetro e no quarto minuto foi coletada a PA. Após o término da coleta em supino, o voluntário passou da posição supina a ortostática ativamente e foi orientado a ficar na PO mantendo a postura ereta com as mãos apoiadas sobre a maca por 10 minutos, em respiração espontânea e no quarto minuto foi coletada a PA. O protocolo experimental está ilustrado na figura 5.

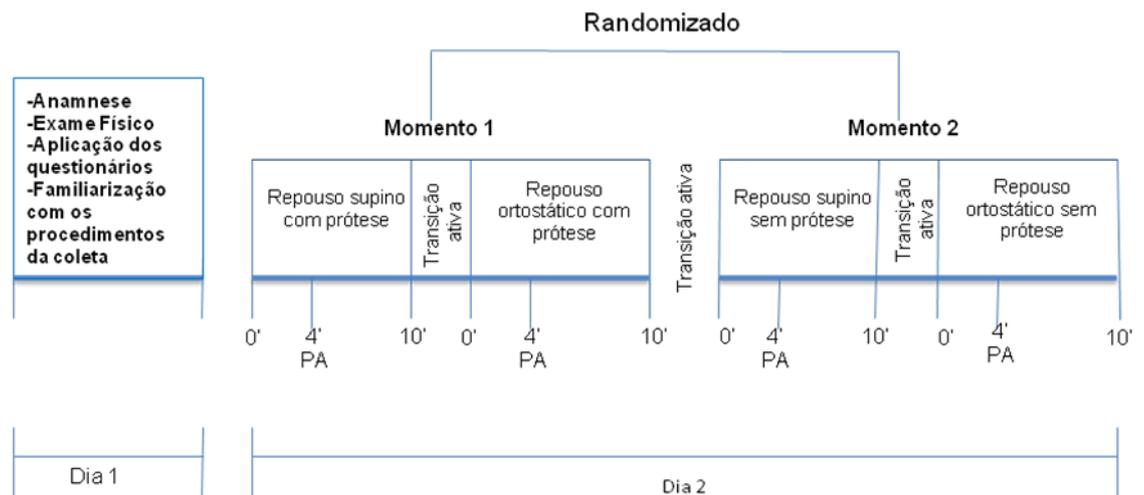


Figura 5- Esquema ilustrativo do protocolo experimental do grupo amputados
Fonte:arquivo da autora

Para o momento 2, os voluntários amputados retiravam ou colocavam a prótese e as coletas em supino e ortostática foram novamente realizadas (Figura 6).



Figura 6 – Procedimento experimental: voluntário na postura ortostática sem a prótese, para coleta
Fonte:arquivo da autora

4.4 Análise estatística

Para testar o efeito da posição e do uso da prótese no grupo amputado sobre as variáveis hemodinâmicas e autonômicas, foi realizada a ANOVA 2x2 de medidas repetidas dentre participantes. O pressuposto de normalidade foi validado pelo teste K-S (Kolmogorov-Smirnov). O pressuposto de esfericidade foi avaliado pelo teste de Mauchly e, quando violado, os graus de liberdade foram corrigidos utilizando as estimativas de esfericidade de Huynh-Feldt. As interações significativas foram analisadas através de testes t pareados. Para testar diferenças entre as médias de cada condição do grupo amputado com as respectivas médias do grupo controle, utilizou-se o teste t de Student para amostras independentes. O pressuposto de homogeneidade de variância foi validado pelo teste de Levene. A estatística descritiva está apresentada como média \pm desvio-padrão. Na análise intergrupos, foi calculado o tamanho do efeito, através do “*d* de Cohen”, por meio da seguinte fórmula: $d = (\mu_1 - \mu_2) / DP$, em que os símbolos “ μ_1 e μ_2 ” representam as médias das variáveis dos grupos e “DP”, média dos desvios-padrão dos grupos. A partir do valor do “*d* de Cohen”, o tamanho do efeito pode ser classificado como pequeno, moderado e grande, conforme a tabela 2 (COHEN, 1988). O teste Exato de Fisher foi utilizado nas variáveis qualitativas. Todas as análises foram realizadas no software SPSS versão 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY), sendo adotado nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização da amostra

Foram recrutados 16 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 amputados transfemorais. Do grupo controle, foram excluídos três indivíduos: dois que utilizavam β -bloqueador e outro que apresentava arritmia cardíaca. Dessa forma, participaram do estudo 20 indivíduos do sexo masculino, sendo 10 amputados transtibiais unilaterais de origem traumática e 10 indivíduos sem amputação. Todos os amputados utilizavam prótese do tipo KBM (9 utilizavam pés não articulado tipo SACH; 1 utilizava pé articulado de fibra de carbono).

Na tabela 3, são observadas as características gerais da amostra. Os grupos foram similares quanto à idade, características antropométricas e nível de atividade física ($p>0,05$). Também não foram observadas diferenças significativas entre os grupos em relação ao consumo de álcool e uso de tabaco ($p>0,05$).

Tabela 3 -Características gerais da amostra

	Amputados (n=10)	Controle (n=10)	p valor
Idade (anos)	44,50 \pm 14,21	37,10 \pm 11,93	0,22
Tempo de amputação (anos)	15,86 \pm 9,64	-----	-----
Tempo de protetização (anos)	12,30 \pm 8,93	-----	-----
Massa da prótese (kg)	2,20 \pm 0,70	-----	-----
Massa corporal (kg)	75,12 \pm 16,65	84,10 \pm 9,07	0,15
Estatura (m)	1,73 \pm 0,60	1,77 \pm 0,08	0,51
IMC (Kg/m ²)	25,00 \pm 4,54	26,50 \pm 3,10	0,40
Gordura corporal (%)	21,82 \pm 9,60	23,32 \pm 8,93	0,69
Circunferência abdominal (cm)	94,27 \pm 14,00	96,40 \pm 10,05	0,85
Nível de atividade física habitual	8,38 \pm 1,07	7,72 \pm 0,68	0,12
Tabagista (n / %)	1 / 10	1 / 10	-----
Etilista (n / %)	3 / 30	4 / 40	-----

5.2 Comparação das variáveis hemodinâmicas do grupo amputados nas condições com e sem prótese

A estatística descritiva das variáveis hemodinâmicas do grupo amputado está apresentada na Tabela 4. Foi observado efeito principal significativo para o fator Posição para a variável FC ($F_{(1,9)} = 46,738$, $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,84$), efeito principal significativo para o fator Prótese para as variáveis FC ($F_{(1,9)} = 35,170$, $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,80$) e PAD ($F_{(1,9)} = 12,570$, $p = 0,01$; $\eta^2 = 0,58$) e efeito de interação para a variável PAS ($F_{(1,9)} = 6,409$, $p = 0,03$; $\eta^2 = 0,42$). Os resultados sugerem que, nos amputados, a FC é maior na posição ortostática comparada à posição supina ($82,5 \pm 11,1$ vs. $66,8 \pm 6,7$ bpm, respectivamente; $p < 0,001$; TE = 1,76) (Figura 8) e que a FC é maior também com a utilização da prótese comparada a condição sem prótese ($76,8 \pm 9,0$ vs. $72,5 \pm 8,0$ bpm, respectivamente; $p < 0,001$; TE = 0,50) (Figura 9). O tamanho do efeito observado para a FC foi elevado em relação a posição do corpo e moderado em relação ao uso da prótese. Observou-se ainda que nos amputados a PAD é maior com o uso da prótese comparada a condição sem prótese ($81,6 \pm 5,1$ vs. $80,3 \pm 5,7$ bpm, respectivamente; $p = 0,01$; TE = 0,24). O tamanho do efeito observado para a PAD foi de pequena magnitude. Já em relação à PAS, observou-se que, partindo da posição supina para a posição ortostática, a PAS aumenta com o uso da prótese enquanto que sem o uso da prótese há queda na PAS (Figura 10). O tamanho de efeito observado na PAS também foi de pequena magnitude.

Tabela 4: Média \pm desvio-padrão das variáveis hemodinâmicas de amputados transtibiais (n=10) com e sem prótese na posição supina e ortostática.

Variáveis	Posição	Amputados Sem prótese	Amputados Com prótese
PAS (mmHg)	Supina	122,7 \pm 12,0	121,7 \pm 9,9
	Ortostática	119,8 \pm 13,9	124,4 \pm 10,2
PAD (mmHg)	Supina	80,8 \pm 5,8	81,5 \pm 4,5
	Ortostática	79,9 \pm 5,9	81,8 \pm 6,1
PAM (mmHg)	Supina	94,5 \pm 7,5	94,5 \pm 6,0
	Ortostática	92,9 \pm 8,4	95,8 \pm 7,2
FC (bpm)	Supina	64,6 \pm 6,8	69,0 \pm 7,0
	Ortostática	80,5 \pm 10,2	84,6 \pm 12,0

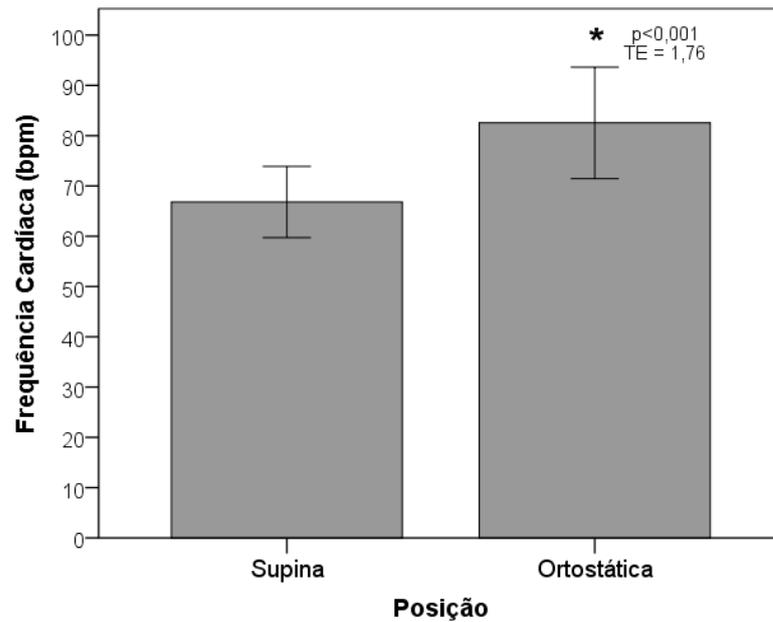


Figura 7: Média \pm desvio-padrão da frequência cardíaca de repouso em amputados transtibiais (n=10) na posição supina e ortostática. *Diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$), TE = Tamanho do efeito, d de Cohen.

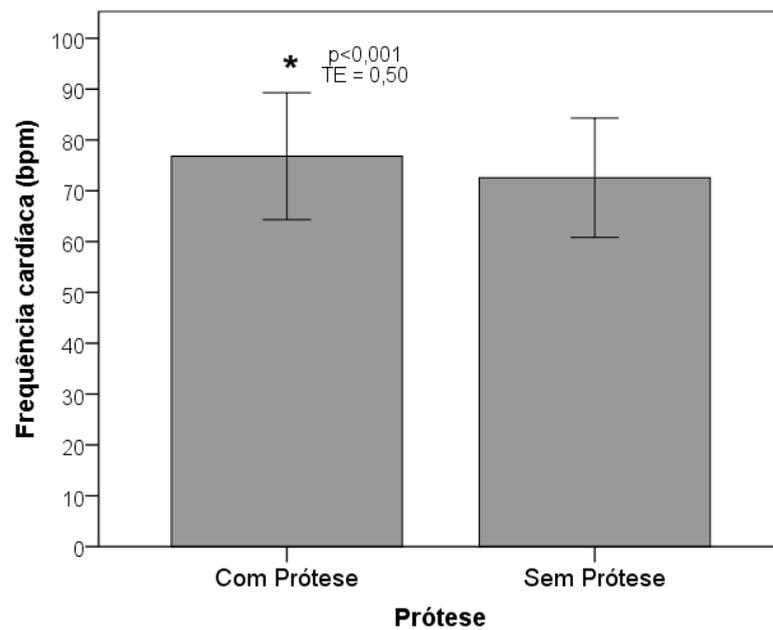


Figura 8: Média \pm desvio-padrão da frequência cardíaca de repouso em amputados transtibiais (n=10) com e sem o uso da prótese. *Diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$), TE = Tamanho do efeito, d de Cohen.

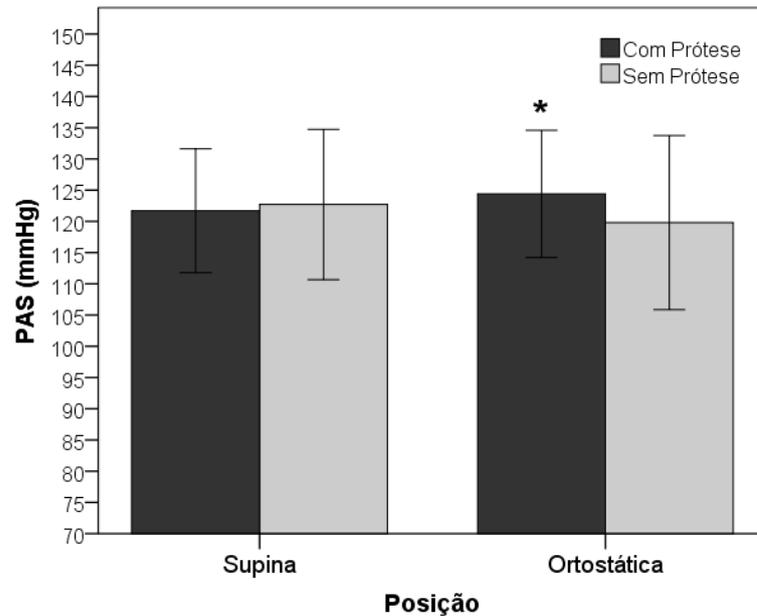


Figura 9: Média \pm desvio-padrão da pressão arterial sistólica em amputados transtibiais (n=10) na posição supina e ortostática com e sem o uso da prótese. *Efeito de interação significativo ($p < 0,05$).

5.3 Comparação das variáveis autonômicas entre os grupos amputado com e sem prótese

A estatística descritiva das variáveis autonômicas do grupo amputado está apresentada na Tabela 5. Foi observado efeito de interação significativo para as variáveis iRR ($F_{(1, 9)} = 7,372$, $p = 0,02$; $\eta^2 = 0,45$), rMSSD ($F_{(1, 9)} = 8,725$, $p = 0,02$; $\eta^2 = 0,49$) e pNN50 ($F_{(1, 9)} = 5,711$, $p = 0,04$; $\eta^2 = 0,39$). Observou-se ainda efeito principal significativo para o fator Posição nas variáveis LF ($F_{(1, 9)} = 14,154$, $p = 0,004$; $\eta^2 = 0,61$) e HF ($F_{(1, 9)} = 7,457$, $p = 0,02$; $\eta^2 = 0,45$) e efeito principal de Prótese nas variáveis iRR ($F_{(1, 9)} = 27,082$, $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,75$), rMSSD ($F_{(1, 9)} = 17,249$, $p = 0,002$; $\eta^2 = 0,66$) e pNN50 ($F_{(1, 9)} = 13,196$, $p = 0,005$; $\eta^2 = 0,59$). Os resultados sugerem que os amputados na posição ortostática comparada a posição supina apresentam menores valores de iRR ($763,0 \pm 100,3$ vs. $911,0 \pm 89,9$; $p < 0,001$), rMSSD ($23,0 \pm 14,0$ vs. $37,7 \pm 21,5$; $p = 0,001$), pNN50 ($5,9 \pm 9,4$ vs. $16,8 \pm 18,6$; $p = 0,01$) e HF ($24,5 \pm 15,0$ vs. $42,8 \pm 18,8$; $p = 0,02$) e maiores valores de LF ($77,1 \pm 12,7$ vs. $57,2 \pm 18,8$; $p = 0,04$) e LF/HF ($5,9 \pm 5,7$ vs. $2,1 \pm 1,7$; $p = 0,07$). Os tamanhos de efeito observados foram de magnitude elevada ($TE > 0,80$). Quanto ao uso de prótese, foram observados menores valores de iRR ($814,6 \pm 92,2$ vs. $859,4 \pm 92,2$; $p = 0,001$), rMSSD ($26,6 \pm 14,8$ vs. $34,2 \pm 20,1$; $p = 0,002$) e pNN50 ($8,9 \pm 11,9$ vs. $13,7 \pm 15,4$; $p = 0,005$) em comparação com a condição sem prótese. Porém, os tamanhos de efeito observados foram de pequena magnitude ($TE < 0,50$).

Quanto as interações observadas, os dados sugerem que o iRR, rMSSD e pNN50 são menores na posição supina com a prótese em comparação com a mesma posição mas sem a prótese.

Tabela 5: Média \pm desvio-padrão das variáveis autonômicas de amputados transtibiais (n=10) com e sem prótese na posição supina e ortostática.

Variáveis	Posição	Amputados Sem prótese	Amputados Com prótese
iRR(ms)	Supina	942,2 \pm 100,0	879,9 \pm 84,1
	Ortostática	776,7 \pm 95,6	749,2 \pm 106,1
rMSSD	Supina	43,6 \pm 26,2	31,9 \pm 17,0
	Ortostática	24,8 \pm 14,7	21,3 \pm 13,3
pNN50	Supina	20,2 \pm 20,5	13,3 \pm 16,9
	Ortostática	7,3 \pm 11,2	4,6 \pm 7,6
LF u.n.	Supina	53,5 \pm 18,6	60,8 \pm 20,7
	Ortostática	78,2 \pm 13,3	75,9 \pm 14,8
HF u.n.	Supino	46,5 \pm 18,6	39,2 \pm 20,8
	Ortostática	25,0 \pm 16,4	24,1 \pm 14,8
LF/HF	Supino	1,6 \pm 1,5	2,5 \pm 2,2
	Ortostática	5,7 \pm 5,7	6,0 \pm 6,1

TE- tamanho do efeito; iRR- intervalo RR ; rMSSD - raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos RR consecutivos; pNN50 - percentual de intervalos RR consecutivos que apresentaram diferença maior que 50 ms; LFun- densidade de potência espectral na banda de baixa frequência expressa em unidades normalizadas ;HF u.n. - densidade de potência espectral na banda de alta frequência expressa em unidades normalizadas; LF/HF- relação entre a banda LF e HF.

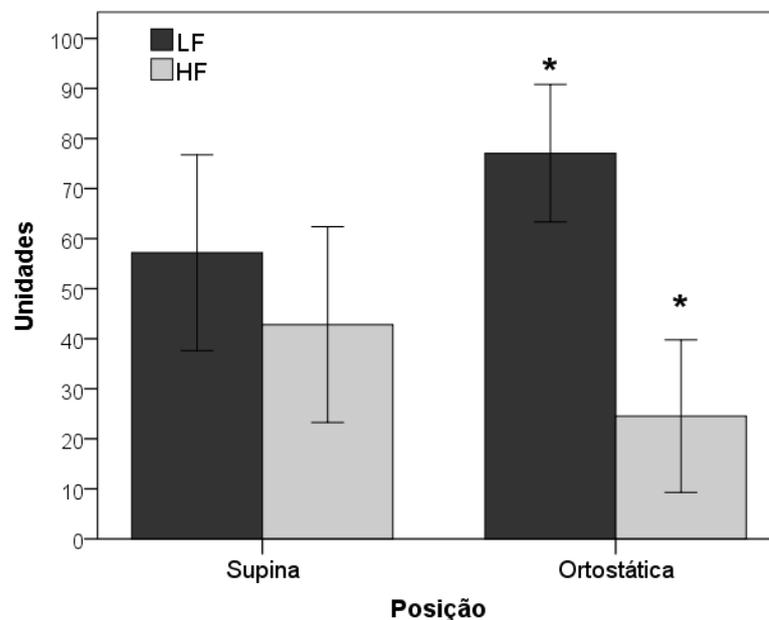


Figura 10: Média \pm desvio-padrão do LF e HF em amputados transtibiais (n=10) na posição supina e ortostática. *Diferença estatisticamente significativa entre as posições (p<0,05).

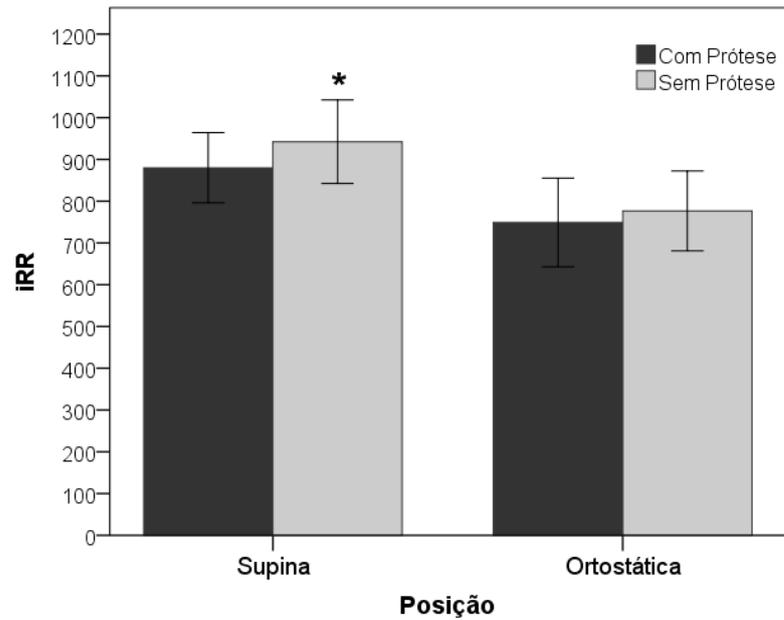


Figura 11: Média \pm desvio-padrão do iRR em amputados transtibiais (n=10) na posição supina e ortostática com e sem o uso da prótese. *Efeito de interação significativo ($p < 0,05$), iRR $<$ na posição supina com prótese.

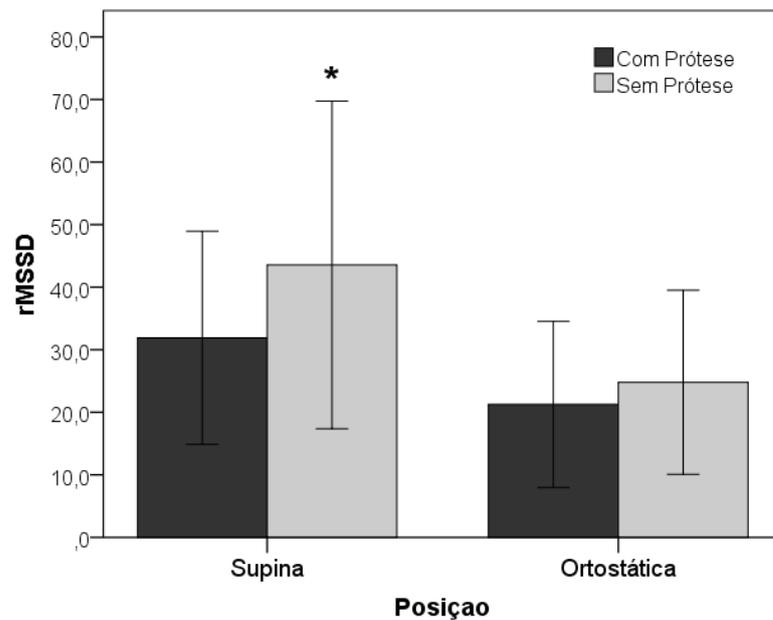


Figura 12: Média \pm desvio-padrão do rMSSD em amputados transtibiais (n=10) na posição supina e ortostática com e sem o uso da prótese. *Efeito de interação significativo ($p < 0,05$), rMSSD $<$ na posição supina com prótese.

5.4 Comparação Amputados vs. Controle

Nas tabelas 6 e 7 estão apresentadas as comparações entre amputados com e sem o uso da prótese e os controles na posição supina e ortostática. Em relação às variáveis hemodinâmicas, foi observado que o uso da prótese aumenta significativamente a FC, mas não altera a pressão arterial. A FC dos amputados com o uso da prótese foi maior comparado ao grupo controle tanto na posição supina ($69,0 \pm 7,0$ vs. $60,2 \pm 7,8$, respectivamente; $p = 0,02$; TE = 1,19; Tabela 6) quanto na posição ortostática ($84,6 \pm 12,0$ vs. $74,5 \pm 5,7$, respectivamente; $p = 0,03$; TE = 1,15; Tabela 7). O intervalo de confiança de 95% para a diferença da FC entre os grupos foi de 2 a 16 bpm na posição supina e de 1 a 19 bpm na posição ortostática. O tamanho do efeito observado foi de elevada magnitude (TE > 0,80). Não foram observadas diferenças significativas nas variáveis hemodinâmicas entre os amputados sem o uso da prótese e os controles tanto na posição supina quanto na posição ortostática ($p > 0,05$). Também não foram observadas diferenças significativas na PAS, PAD e PAM entre amputados e controles tanto na posição supina quanto ortostática com ou sem o uso da prótese ($p > 0,05$).

Em relação às variáveis autonômicas, foi observado que o iRR é menor nos amputados quando se encontram na posição supina e com o uso de prótese comparado ao grupo controle na mesma posição ($879,9 \pm 84,1$ vs. $1015,5 \pm 127,8$, respectivamente; $p = 0,01$; TE = 1,28; Tabela 6). O intervalo de confiança de 95% para a diferença do iRR entre os grupos foi de 34 a 237 e o tamanho do efeito observado foi de magnitude elevada (TE > 0,80). Na posição ortostática e com o uso de prótese, o iRR também foi menor nos amputados quando comparados aos controles, mas de maneira não significativa ($p = 0,07$; Tabela 7). Nas demais variáveis autonômicas não houve diferença significativa entre o grupo de amputados com ou sem prótese e o grupo controle na posição supina e ortostática ($p > 0,05$).

Tabela 6: Média \pm desvio-padrão das variáveis hemodinâmicas e autonômicas de amputados transtibiais (n = 10) com e sem prótese na **posição supina** comparados ao grupo controle (n = 10).

Variáveis	Amputados Sem prótese	Amputados Com prótese	Controle
Hemodinâmicas			
PAS (mmHg)	122,7 \pm 12,0	121,7 \pm 9,9	115,4 \pm 8,2
PAD (mmHg)	80,8 \pm 5,8	81,5 \pm 5,0	77,4 \pm 6,5
PAM (mmHg)	94,5 \pm 7,5	94,5 \pm 6,0	89,7 \pm 6,8
FC (bpm)	64,6 \pm 6,8	69,0 \pm 7,0*	60,2 \pm 7,8
Autônomicas			
iRR(ms)	942,2 \pm 100,0	879,9 \pm 84,1*	1015,5 \pm 127,8
rMSSD	43,5 \pm 26,8	31,9 \pm 17,0	42,7 \pm 19,7
pNN50	20,2 \pm 20,5	13,3 \pm 16,9	21,4 \pm 18,7
LF u.n.	53,5 \pm 18,6	60,8 \pm 20,8	59,3 \pm 15,0
HF u.n.	46,5 \pm 18,6	39,2 \pm 20,8	40,6 \pm 15,0
LF/HF	1,6 \pm 1,50	2,5 \pm 2,2	2,0 \pm 1,8

(*Diferença significativa em relação ao grupo controle, $p < 0,05$; PAS: Pressão arterial sistólica; PAD: Pressão arterial diastólica; PAM: Pressão arterial média; FC: Frequência cardíaca; iRR- intervalo RR ; rMSSD - raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos RR consecutivos; pNN50 - percentual de intervalos RR consecutivos que apresentaram diferença maior que 50 ms; LF - densidade de potência espectral na banda de baixa frequência expressa em unidades normalizadas ;HF u.n. - densidade de potência espectral na banda de alta frequência expressa em unidades normalizadas; LF/HF- relação entre a banda LF e HF).

Tabela 7: Média \pm desvio-padrão das variáveis hemodinâmicas e autonômicas de amputados transtibiais (n = 10) com e sem prótese na **posição ortostática** comparados ao grupo controle (n=10)

Variáveis	Amputados Sem prótese	Amputados Com prótese	Controle
Hemodinâmicas			
PAS (mmHg)	119,8 \pm 13,9	124,4 \pm 10,2	116,8 \pm 8,8
PAD (mmHg)	79,9 \pm 5,9	81,8 \pm 6,1	78,8 \pm 6,1
PAM (mmHg)	92,9 \pm 8,4	95,8 \pm 7,2	91,3 \pm 6,6
FC (bpm)	80,5 \pm 10,2	84,6 \pm 12,0*	74,5 \pm 5,7
Autônomicas			
iRR(ms)	776,7 \pm 95,6	749,2 \pm 106,1 [#]	830,3 \pm 85,3
rMSSD	24,8 \pm 14,7	21,3 \pm 13,3	22,4 \pm 9,6
pNN50	7,3 \pm 11,2	4,6 \pm 7,6	5,0 \pm 7,0
LF u.n.	78,2 \pm 13,4	75,9 \pm 14,8	80,8 \pm 12,0
HF u.n.	25,0 \pm 16,4	24,1 \pm 14,8	19,2 \pm 12,0
LF/HF	5,7 \pm 5,7	6,0 \pm 6,1	6,2 \pm 4,3

(*Diferença significativa em relação ao grupo controle, $p < 0,05$; #: $p = 0,07$; PAS: Pressão arterial sistólica; PAD: Pressão arterial diastólica; PAM: Pressão arterial média; FC: Frequência cardíaca; iRR- intervalo RR ; rMSSD - raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos RR consecutivos; pNN50 - percentual de intervalos RR consecutivos que apresentaram diferença maior que 50 ms; LFun- densidade de potência espectral na banda de baixa frequência expressa em unidades normalizadas ;HF u.n. - densidade de potência espectral na banda de alta frequência expressa em unidades normalizadas; LF/HF- relação entre a banda LF e HF).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como principal objetivo avaliar o efeito do uso da prótese sobre as variáveis hemodinâmicas e autonômicas cardíacas, testando a hipótese que os amputados transtibiais traumáticos iriam apresentar maiores níveis de PA e FC e menores valores de VFC na PS e PO quando estivessem utilizando a prótese.

Como principais resultados verificou-se que:

- (1) A compressão exercida, no coto de amputação, pela prótese, alterou as variáveis hemodinâmicas, por meio do aumento da FC e PAD, tanto na postura supina quanto ortostática. Já a PAS, observou-se que, partindo da posição supina para ortostática, a PAS aumentou com o uso da prótese enquanto que sem o uso da prótese houve queda na PAS.
- (2) Da mesma forma, a compressão exercida pela prótese alterou as variáveis autonômicas, por meio da diminuição dos valores de iRR, rMSSD e pNN50, tanto na postura supina quanto na ortostática.
- (3) Ao realizar as comparações com o grupo controle foi observado que a FC dos amputados com o uso da prótese foi maior comparado ao grupo controle tanto na posição supina, quanto na ortostática, ao passo que quando a prótese foi retirada essa diferença desaparecia. Já as variáveis autonômicas, somente o iRR foi menor nos amputados quando se encontravam na posição supina com o uso da prótese comparado ao grupo controle na mesma posição, sem diferenças na postura ortostática e nas outras variáveis autonômicas.

Não houve diferenças significativas entre os amputados e o grupo controle em relação à idade, massa corporal, IMC, percentual de gordura, nível de atividade física habitual, fumo e consumo de álcool. Dessa forma, todos os voluntários que participaram do estudo estavam sob um controle de caracterização amostral conferindo semelhança entre os grupos.

No presente estudo os amputados não eram obesos, já que o valor médio do índice de massa corporal foi de 25 para o grupo amputado, apresentando uma tendência a serem mais leves que o grupo controle que apresentaram um valor médio de 26,5. O nível de atividade física também foi similar entre os grupos, assim como no estudo de Modan *et al* (MODAN *et al.*, 1998). De acordo com várias pesquisas, os ATMI apresentam diversos fatores para o desenvolvimento de DCV, dentre eles estão a obesidade, tabagismo, hipertensão e inatividade física. Algumas pesquisas relacionam a obesidade que ocorre na maioria dos sujeitos após a amputação (KURDIBAYLO, 1996), somada a uma diminuição no nível de atividade física,

como fatores de risco para o desenvolvimento de distúrbios metabólicos e cardiovasculares em amputados (ROSE *et al.*, 1987; KURDIBAYLO, 1996; SHAHRIAR *et al.*, 2009).

Todos os procedimentos foram realizados no período da manhã, no mesmo horário e local, para evitar interferência do ritmo circadiano e condições climáticas sobre as variáveis estudadas. Para o registro da FC os voluntários foram orientados a fazerem jejum antes da avaliação, não consumirem bebidas alcoólicas, cafeína e não praticarem exercícios intensos nas 24 horas que antecediam os experimentos. Durante a realização do procedimento experimental, foram orientados a não se movimentarem, conversar ou dormir durante todo o protocolo para coleta da FC. Na realização dos testes para avaliação das disautonomias é importante o preparo para se reduzir a grande variabilidade nas respostas do sistema nervoso autônomo, fatores como ingestão alimentar, cafeína, tabagismo, medicações e exercício físico influenciam os resultados dos testes (KAWAGUCHI *et al.*, 2007), sendo o controle desses fatores intervenientes uma preocupação em nosso estudo.

Para avaliação na PO, todos os indivíduos deveriam ficar apoiando as mãos em uma maca, e no momento que os amputados estivessem sem a prótese, o coto foi apoiado em uma superfície, para evitar o aumento da oscilação corporal, uma vez que há evidências que os amputados de MMII apresentam déficit de equilíbrio na postura ortostática (VAN VELZEN *et al.*, 2006). A realização do protocolo dessa forma foi uma tentativa de neutralizar as alterações decorrentes da amputação.

Diferente dos testes de mudança postural, como o teste de mudança postural ativa (PASCHOAL, M. A. *et al.*;2006; YAMANAKA; HONMA, 2006), ou o *tilt table test* (MONTANO *et al.*, 1994), ambos empregados para avaliar a resposta reflexa cardíaca envolvendo os barorreceptores arteriais, a avaliação da VFC na posição ortostática, no presente estudo, teve a preocupação em analisar os iRR durante essa condição funcional, mas somente quando os ajustes cardiocirculatórios já estavam estabelecidos e a condição hemodinâmica se encontrava estável.

6.1 Avaliação das variáveis hemodinâmicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina e ortostática

Ao analisar as variáveis hemodinâmicas, foi observado que a FC é maior na posição ortostática comparada a posição supina, ($82,5 \pm 11,1$ vs. $66,8 \pm 6,7$ bpm respectivamente) e que ao utilizarem a prótese a FC foi maior comparada à condição sem prótese, ($76,8 \pm 9,0$ vs. $72,5 \pm 8,0$ bpm respectivamente). O tamanho do efeito observado para a FC foi elevado em

relação a posição do corpo e moderado em relação ao uso da prótese. Dessa forma, os amputados apresentaram um aumento da FC em resposta a mudança postural, nas duas condições, concordando com vários autores que descreveram a necessidade de um aumento da FC na PO, devido as modificações das variáveis cardiovasculares em decorrência dos desvios hidrostáticos e das respostas reflexas causadas pelo deslocamento de sangue das extremidades superiores para as inferiores, diminuição do volume sistólico, aumento da FC para manutenção do DC e da PA sistêmica (KUNIYOSHI *et al.*, 2003; NETO, 2006). Vale ressaltar que na condição sem prótese a FC foi maior nas duas posturas, possivelmente devido a um aumento da atividade simpática e diminuição da atividade vagal, corroborando com os achados de Grubeck-Loebestein *et al* (1981), que evidenciaram que os amputados ao utilizarem a prótese apresentaram uma elevação do tônus simpático, possivelmente devido a compressão contínua no coto.

Observou-se ainda que nos amputados a PAD é maior com o uso da prótese comparada a condição sem prótese, ($81,6 \pm 5,1$ vs. $80,3 \pm 5,7$ bpm), respectivamente. Já em relação à PAS, observou-se que, partindo da posição supina para a posição ortostática, a PAS aumenta com o uso da prótese enquanto que sem o uso da prótese há queda na PAS, apesar de ambas as respostas terem sido de pequena magnitude. Em indivíduos normais, quando em repouso supino, cerca de 25 a 30% do volume sanguíneo está no tórax e ao assumir a PO há um desvio de 500 a 1000 ml para os membros inferiores, vísceras abdominais (FREITAS, 1998), levando a uma dificuldade relativa do retorno venoso, para o coração, oferecida pela força da gravidade, comparativamente ao repouso supino. Dessa forma, ocorre diminuição transitória do retorno venoso e conseqüente diminuição do enchimento ventricular, do volume sistólico, do débito cardíaco e da PA (PORTO, 2007), induzido por meio do barorreflexo arterial, ativação simpática e inibição vagal, o que provoca elevação da FC, aumento do inotropismo e vasoconstricção periférica, cujo resultado, em indivíduos saudáveis, é um discreto aumento da PAM e PAD e pouca ou nenhuma alteração da PAS (CASTRO, 1992), fazendo com que a queda da PA e DC sejam limitados, havendo estabilidade hemodinâmica cerca de 1 minuto após o ortostatismo (FREITAS, 1998).

Comparando os resultados desse estudo com os da literatura, não foram encontrados estudos que avaliassem a resposta cardiovascular de amputados, tanto na postura supina quanto na ortostática, com protocolo específico para esse objetivo.

6.2 Avaliação das variáveis autonômicas de amputados transtibiais com e sem prótese na posição supina e ortostática

A VFC por expressar a ação simpática e parassimpática cardíaca (CAMM *et al.*, 1996) foi pesquisada em duas condições, com e sem o uso da prótese e em duas posições corporais, supina e ortostática, as quais exigem ajustes autonômicos distintos. As variações dos iRR durante condições controladas de repouso representam um poderoso e sensível meio de analisar os mecanismos de controle autonômico cardíaco batimento a batimento (AKSELROD *et al.*, 1985; SAUL *et al.*, 1990). A VFC foi analisada após o transiente inicial da PO, quando os dados já se encontram estacionários, seguindo o modelo de outros estudos (LEITE *et al.*, 2008). Dessa forma, foi possível verificar a influência da prótese na reorganização autonômica após o evento do estresse ortostático.

Ao assumir a PO a partir da PS, alterações hemodinâmicas ocorrem a fim de estabilizar o sistema cardiovascular. Estudos observaram através de análises de variáveis hemodinâmicas, bioquímicas e neurofisiológicas, que durante manobras de estresse ortostático ocorre uma diminuição da atividade vagal cardíaca e um incremento da atividade simpática (FURLAN *et al.* 2000, WECHT *et al.*, 2003; MARTINELLI *et al.* 2005). Essas alterações também foram observados no nosso estudo por meio da análise do comportamento da VFC, com a presença de redução significativa nas variáveis de predomínio vagal, como o rMSSD ($37,7 \pm 21,5$ vs $23,0 \pm 14,0$); pNN50 ($16,8 \pm 18,6$ vs $5,9 \pm 9,4$) e componente espectral HF un ($42,8 \pm 18,8$ vs $24,5 \pm 15,0$) e aumento no componente espectral LF un ($57,2 \pm 18,8$ vs $77,1 \pm 12,7$) e razão LF/HF, ($2,1 \pm 1,7$ vs $5,9 \pm 5,7$) o que indica aumento da modulação simpática. A mudança postural de supino para ortostática teve um efeito de magnitude elevada na diminuição da atividade parassimpática com consequente aumento da atividade simpática, tanto nas condições com prótese quanto na sem prótese, sendo esse comportamento relatado em populações saudáveis (WECHT *et al.*, 2003).

Ao realizar as análises quanto ao efeito da compressão que a prótese exerce no coto de amputação, foi observado uma redução nas variáveis de predomínio vagal, como o rMSSD, $26,6 \pm 14,8$ vs. $34,2 \pm 20,1$ e pNN50, $8,9 \pm 11,9$ vs. $13,7 \pm 15,4$, em comparação com a condição sem a prótese, o que indica diminuição da modulação parassimpática. No entanto, estes resultados não foram observados quando os sujeitos eram avaliados com e sem a prótese na PO. Dessa forma, observamos que na PO, o efeito da compressão que a prótese exerce no coto de amputação, não promove alterações significativas na modulação autonômica, pois o simples fato de adotar a PO, já é um estímulo suficiente para provocar uma intensa descarga

simpática (PUMPRLA *et al.*, 2002). O efeito da compressão foi mais relevante na PS, pois nessa postura há um predomínio da modulação parassimpática a fim de reduzir os batimentos cardíacos (LEWIS *et al.*, 2001). Vários estudos sugerem que no desequilíbrio autonômico, no qual tipicamente o SNS está hiperativo e o SNP está hipoativo, está associado com várias condições patológicas (MALLIANI *et al.*, 1994; THAYER *et al.*, 2010). Porém as evidências mais recentes têm demonstrado que a simples diminuição da influência inibitória parassimpática já pode ser considerado um importante fator de risco independente para as doenças cardiovasculares (THAYER *et al.*, 2010). Dessa forma, devido ao efeito da diminuição da atividade parassimpática que a prótese promove nos amputados traumáticos, sugere-se que, possivelmente, eles possuem mais um fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

Não foram encontrados estudos que utilizassem a VFC em condições de repouso, na posição supina e ortostática comparando com e sem o uso da prótese. Somente o estudo de Grubeck et al investigou através das catecolaminas plasmáticas, se a elevação da PA e da atividade nervosa simpática, têm relação com o uso da prótese. Os autores utilizaram um dispositivo, a PNMI no coto dos amputados e na coxa do grupo controle, na postura supina, para simular o efeito da prótese e também analisaram o efeito da compressão que a prótese promove durante a marcha (GRUBECK-LOEBENSTEIN, BEATRIX *et al.*, 1981), não avaliando se a manutenção na postura ortostática já iria interferir no balanço autonômico, além de não realizarem as medidas sem o uso da prótese.

A diminuição na VFC é considerada um fator de risco independente para morbidade e mortalidade (PUMPRLA *et al.*, 2002). Thayer *et al* (2010) ao realizarem uma revisão bibliográfica sobre a relação entre o desequilíbrio autonômico, VFC e fatores de risco para doenças cardiovasculares, relataram que em situações nas quais havia um desequilíbrio autonômico por meio da redução das influências inibitórias do SNP, estavam associadas com o aumento na morbidade e em todas as causas de mortalidade.

6.3 Comparação Amputados vs. Controle

Ao analisar os resultados das comparações realizadas entre amputados com e sem o uso da prótese e os controles nas posições supina e ortostática, foi observado que em relação as variáveis hemodinâmicas, o uso da prótese aumenta significativamente a FC tanto na posição supina, $69,0 \pm 7,0$ vs. $60,2 \pm 7,8$, respectivamente, quanto na posição ortostática, $84,6 \pm 12,0$ vs. $74,5 \pm 5,7$, respectivamente, resultado semelhante foi encontrado por Grubeck-

Loebenstein *et al* (1981), ao compararem amputados traumáticos hipertensos a controle saudáveis. Não foram observadas diferenças significativas nas PAS, PAD e PAM entre os amputados com e sem o uso da prótese e os controles tanto na posição supina quanto na posição ortostática ($p > 0,05$).

Em relação às variáveis autonômicas, foi observado que o iRR é menor nos amputados quando se encontram na posição supina e com o uso de prótese comparado ao grupo controle na mesma posição, ($879,9 \pm 84,1$ vs. $1015,5 \pm 127,8$ Na posição ortostática e com o uso da prótese, o iRR mostrou uma tendência a valores menores nos amputados quando comparados aos controles, porém o resultado não foi estatisticamente significativo ($p = 0,07$). Nas demais variáveis autonômicas não houve diferença significativa entre o grupo de amputados com ou sem prótese e o grupo controle na posição supina e ortostática ($p > 0,05$). Assim, ao comparar o grupo amputados ao grupo controle foi observado somente o aumento da FC em ambas posturas com o uso da prótese, e uma diminuição dos iRR somente na PS com o uso da prótese. Apesar de não haver diferenças entre os grupos nas outras variáveis autonômicas, estudos apontam que a redução da VFC é um forte indicador de risco relacionado a eventos adversos em indivíduos normais e em pacientes com um grande número de doenças, refletindo o papel vital que o SNA desempenha na manutenção da saúde (PUMPRLA *et al.*, 2002).

As respostas normais esperadas após a transição da PS para PO incluem além da elevação da FC, a queda da PAS e a elevação da PAD para manutenção da PAM em valores compatíveis com a homeostasia circulatória (NETO, 2006), o que ocorreu nos grupos amputado sem prótese e controle. O SNA responde as mudanças posturais por meio dos receptores de PA localizados nos pulmões e sistema arterial. Dessa forma, os testes posturais possibilitam avaliar as respostas autonômicas frente às mudanças posturais de forma padronizada em associação com as alterações na PA (PUMPRLA *et al.*, 2002) como a utilizada no nosso estudo, sendo esta referenciada como uma manobra que possibilita uma resposta mais fisiológica e representativa das atividades cotidianas.

A PAS aumentou após a transição, no grupo controle e nos amputados com a prótese, devido a necessidade de rápidos ajustes cardiovasculares para que o débito cardíaco seja mantido, em consequência da força da gravidade agir contrariamente ao retorno venoso, o que provocaria uma redução do volume sistólico (NETO, 2006; LEITE *et al.*, 2008). ao passo que quando a prótese foi retirada houve uma queda da PAS. Dentre os ajustes circulatórios à mudança postural, os mais importantes estão relacionados aos reflexos autonômicos e à ação da bomba muscular que constitui um fator vital de suporte ao retorno venoso na postura ereta.

A musculatura esquelética dos MMII, ao se contrair, comprime as veias e impulsiona o sangue para o coração, auxiliando o retorno venoso. (STEGALL, 1966; ROWELL, 1986), sendo essa perda de parte da musculatura dos MMII nos amputados, um fator que poderia justificar essa redução da PAS nos amputados.

6.4 Limitações do estudo

Uma limitação do nosso estudo é o fato de que não houve avaliação das variáveis metabólicas, já que vários estudos têm mostrado que a elevação da FC está associada não somente com altos índices de pressão arterial mas também com vários outros fatores de risco, especialmente distúrbios metabólicos tais como aumento da glicemia, triglicérides, índice de massa corporal e colesterol total (PERRET-GUILLAUME *et al.*, 2009).

6.5 Implicações clínicas

Nosso estudo confirma os dados relatados pela literatura, que as amputações de membros inferiores provocam alterações cardiovasculares (GRUBECK-LOEBENSTEIN *et al.*, 1981; PELES *et al.*, 1995; ROSE, H. G. *et al.*, 1986). As alterações hemodinâmicas e autonômicas encontradas ocorreram por meio do aumento da FC e PAD, e uma redução da modulação parassimpática, levando a uma diminuição na VFC, na PS e PO, quando os amputados estavam utilizando a prótese. 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 *et al.*, 1986). Nosso estudo também demonstrou que quando os amputados são comparados ao grupo controle, foram encontrados maiores valores de FC e diminuição dos iRR, somente quando os amputados estavam utilizando a prótese e na postura supina. Dessa forma, sugere-se que pesquisas futuras que utilizem variáveis cardiovasculares, deveriam realizar as avaliações comparando-as com e sem o uso da prótese, já que foi demonstrado em nosso estudo que a mesma promove alterações nas variáveis hemodinâmicas e autonômicas.

Apesar das alterações cardiovasculares relatadas na literatura e das encontradas em nosso estudo, os parâmetros fisiológicos, principalmente os cardiológicos, são pouco explorados nessa população. A maioria dos estudos em ATMI utiliza as variáveis biomecânicas como objeto de estudo, o que pode ser observado nos resultados de uma revisão sistemática sobre os parâmetros biomecânicos e fisiológicos mais relevantes durante a marcha. Os autores encontraram 584 resumos, dos quais 89 atenderam aos critérios de

inclusão propostos na pesquisa e desses, somente 9 artigos utilizaram parâmetros fisiológicos cardíacos nas avaliações, sendo 1 com PA e 8 com FC, reafirmando a necessidade de mais estudos que utilizem esses parâmetros (SAGAWA, 2011). Além da escassez de pesquisas utilizando parâmetros cardiovasculares nessa população, o uso da prótese não tem sido uma preocupação nas pesquisas realizadas já que, foi encontrado somente um estudo que realizou as avaliações sem a prótese comparando a um dispositivo que simulava o efeito da prótese (GRUBECK-LOEBENSTEIN, *et al.*, 1981). Portanto, sugerimos que a metodologia empregada em pesquisas futuras seja bem controlada quanto ao uso ou não da prótese, já que a mesma interfere nas variáveis hemodinâmicas e autonômicas.

Assim como nas pesquisas, a reabilitação cardiovascular é pouco enfatizada nessa população, sendo o principal objetivo a adaptação à prótese e o treino de marcha. Após a protetização, na maioria dos casos, os indivíduos recebem alta e há poucas evidências em relação a avaliação do sistema nervoso autônomo após a amputação. Diante dos resultados do presente estudo, sugerimos que é importante monitorar a FC, PAD e VFC na rotina clínica dos amputados, e que programas de reabilitação cardíaca sejam criados com o objetivo de melhorar a condição cardiovascular desses indivíduos em repouso, e, portanto, prevenir comorbidades e mortalidade por doenças cardiovasculares, às quais esses indivíduos estão propensos.

7 CONCLUSÃO

Comparando ao grupo controle, a FC dos amputados com o uso da prótese foi maior tanto na posição supina quanto na ortostática, ao passo que quando a prótese era retirada, essa diferença desaparecia. Os amputados traumáticos de membro inferior ao utilizarem a prótese apresentaram maiores valores de FC e PA, tanto na postura supina, quanto na ortostática e diminuição nos valores dos índices iRR e rMSSD, tanto na postura supina, quanto na ortostática.

REFERÊNCIAS

- AKSELROD, S. *et al.* Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 249, n. 4, p. H867-H875, oct 1985.
- ANCONA, M. C. *et al.* Variabilidade de frequência cardíaca em crianças eutróficas e obesas nas posições supina e bípede **Revista de Ciências Médicas**, v. 18, n. 2, p. 69-79, mar/abr 2009.
- BEDI, U. S.; ARORA, R. Cardiovascular manifestations of posttraumatic stress disorder. **Journal of the National Medical Association**, v. 99, n. 6, p. 642-649, jun 2007.
- BLOHMKE, F. **Compêndio Otto Bock–Próteses para o Membro Inferior**: Alemanha: Schiele & Schön GmbH 1993.
- BOCCOLINI, F. Reabilitação: amputados, amputações e próteses. In: (Ed.). **Reabilitação: amputados, amputações e próteses**: Robe, 1990.
- BONA, R. L.; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Mecânica e energética da locomoção de amputados: uma revisão. **Pensar a Prática**, v. 14, n. 1, p. 1-14, jan/abr 2011.
- 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.
- BURGER, H.; MARINCEK, C. The life style of young persons after lower limb amputation caused by injury. **Prosthetics and orthotics international**, v. 21, n. 1, p. 35-39, abr 1997.
- CAMM, A. *et al.* 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. 1043-1065, 1996.
- CANALE, S. T. Cirurgia ortopédica de Campbell. **Cirurgia ortopédica de Campbell**, 2007.
- CAROMANO, F. A. *et al.* Incidência de amputação de membro inferior, unilateral: análise de prontuários. **Revista de terapia ocupacional**, v. 3, n. 1/2, p. 44-53, dez/jan 1992.
- CARVALHO, F. S. *et al.* Prevalência de amputação em membros inferiores de causa vascular: análise de prontuários. **Arquivos. ciências da saúde UNIPAR**, v. 9, n. 1, p. 23-30, 2005.
- CARVALHO, J. A. **Amputações de membros inferiores: em busca da plena reabilitação**. Manole, 2003.
- CASTRO, C. L. B., NÓBREGA, A.C. L. N., ARAÚJO, C. G. S. A. Testes autonômicos cardiovasculares: uma revisão crítica. Parte 1. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 59, n. 1, p. 11, mar 1992.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Psychology Press, 1988.

DE ANGELIS, K. *et al.* Sistema nervoso autônomo e doença cardiovascular **Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul**, v. 03, Set/Out/Nov/Dez 2004.

DE ANGELIS, K., SANTOS, M. S. B., IRIGOYEN, M. C. Sistema nervoso autônomo e doença cardiovascular. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul**, v. 3, p. 7, set//out/nov/dez 2004.

DE PAIVA, V. C. *et al.* Comparação entre métodos de avaliação da modulação vagal cardíaca. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 97, n. 6, p. 493-501, ago 2011.

EPHRAIM, P. L. *et al.* Environmental barriers experienced by amputees: the Craig Hospital inventory of environmental factors—short form. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 87, n. 3, p. 328-333, mar 2006.

FLORINDO, A. A.; LATORRE, M. R. D. Metodologia para a avaliação da atividade física habitual em homens com 50 anos ou mais. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, n. 2, p. 307-314, 2004.

FREITAS, J. **Influência do reflexo baroreceptor arterial e da modulação do sistema nervoso autônomo na regulação da homeostasia cardiovascular**. 1998. Faculdade de Medicina da Univ. Porto

FRUGOLI, B. A. *et al.* Cardiovascular Disease Risk Factors in An Amputee Population. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 5, p. 80-87, 2001.

GRANT, C. C. *et al.* Heart rate variability assessment of the effect of physical training on autonomic cardiac control. **Annals of Noninvasive Electrocardiology**, v. 17, n. 3, p. 219-229, 2012.

GRUBECK-LOEBENSTEIN, B. *et al.* The role of adrenergic mechanisms in the blood pressure regulation of leg-amputees. **Basic Research in Cardiology**, v. 76, n. 3, p. 267-75, May-Jun 1981.

_____. 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.

GUNAWARDENA, N. *et al.* Mental health outcome of unilateral lower limb amputee soldiers in two districts of Sri Lanka. **International journal of social psychiatry**, v. 53, n. 2, p. 135-147, 2007.

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.

KAWAGUCHI, L. Y. A. *et al.* Caracterização da variabilidade da frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Revista Brasileira de medicina. do esporte**, v. 13, n. 4, p. 231-236, 2007.

KUNIYOSHI, F. H. *et al.* Abnormal neurovascular control during sympathoexcitation in obesity. **Obesity research**, v. 11, n. 11, p. 1411-1419, 2003.

KURDIBAYLO, S. F. Cardiorespiratory status and movement capabilities in adults with limb amputation. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 31, n. 3, p. 222-35, Aug 1994.

_____. Obesity and metabolic disorders in adults with lower limb amputation. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 33, p. 387-394, 1996.

LEITE, S. *et al.* Respostas cardiovasculares a mudança postural e capacidade aeróbia em homens e mulheres de meia-idade antes e após treinamento físico aeróbio. **Brazilian Journal of Physical Therapy/Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 12, n. 5, 2008.

LEWIS, M. *et al.* Vagus nerve stimulation decreases left ventricular contractility in vivo in the human and pig heart. **The Journal of physiology**, v. 534, n. 2, p. 547-552, 2001.

LIMA, N. K. C. *et al.* Prevalence of insulin resistance and related risk factors for cardiovascular disease in patients with essential hypertension. **American Journal of Hypertension**, v. 22, n. 1, p. 106-111, 2008.

MALLIANI, A. *et al.* Power spectrum analysis of heart rate variability: a tool to explore neural regulatory mechanisms. **British Heart Journal**, v. 71, n. 1, p. 1, 1994.

MANN, D. *et al.* Adrenergic effects on the biology of the adult mammalian cardiocyte. **Circulation**, v. 85, n. 2, p. 790-804, 1992.

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

MOLINA, G. E. Relação entre a modulação autonômica cardíaca no repouso supino e ortostático e o decremento cronotrópico após o teste de esforço máximo em indivíduos normais. **Jornal brasileiro de psiquiatria**, p. 114-117, 2013.

MONTANO, N. *et al.* Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt. **Circulation**, v. 90, n. 4, p. 1826-1831, 1994.

MOZUMDAR, A.; ROY, S. K. 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. 1180-8, Oct 2006.

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

NETO, J. E. Contribuição dos grandes vasos arteriais na adaptação cardiovascular a ortostase. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 87, n. 2, 2006.

ORTOSTÁTICA, P. Contribuição dos grandes vasos arteriais na adaptação cardiovascular a ortostase. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 87, n. 2, 2006.

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.

PAGANI, M. *et al.* Relationship between spectral components of cardiovascular variabilities and direct measures of muscle sympathetic nerve activity in humans. **Circulation**, v. 95, n. 6, p. 1441-1448, 1997.

PASCHOAL, M. *et al.* Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 10, n. 4, p. 413-419, 2006.

PASCHOAL, M. A. *et al.* Effect of aerobic physical training on cardiac vagal reactivation in young sedentary
Efeito do treinamento físico aeróbio sobre a reativação vagal cardíaca em jovens sedentárias. **Revista brasileira de atividade física e saúde**, v. 17, n. 5, 2012/10PY - 2012

_____. Efeitos agudos do exercício dinâmico de baixa intensidade sobre a variabilidade da frequência cardíaca e pressão arterial de indivíduos normotensos e hipertensos leves. **Revista de Ciências Médicas (Campinas)**, v. 13, n. 3, p. 223-234, jul/set 2004.

_____. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias
Heart rate variability in different age groups. **Brazilian journal of physical therapy**, v. 10, n. 4, p. 413-419, 2006/12PY - 2006

PASTRE, C. M. *et al.* Fisioterapia e amputação transtibial. **Arquivos ciências da saúde**, v. 12, n. 2, p. 120-24, 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. **Clinical autonomic of research**, v. 5, n. 5, p. 279-88, Oct 1995.

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

PERRET-GUILLAUME, C. *et al.* Heart rate as a risk factor for cardiovascular disease. **Progress in cardiovascular diseases**, v. 52, n. 1, p. 6-10, 2009.

PIKKUJÄMSÄ, S. M. *et al.* Heart Rate Variability and Baroreflex Sensitivity in Hypertensive Subjects With and Without Metabolic Features of Insulin Resistance Syndrome. **American Journal of Hypertension**, v. 11, n. 5, p. 523-531, 1998.

PORTO, L. G. G. Efeitos do incremento do número de passos diários sobre a função autonômica cardíaca eo desempenho físico no limiar anaeróbico, em indivíduos normais sedentários. 2007.

PUMPRLA, J. *et al.* Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **International journal of cardiology**, v. 84, n. 1, p. 1-14, 2002.

ROBBINS, C. B. *et al.* A review of the long-term health outcomes associated with war-related amputation. **Military medicine**, 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. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, 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.

SAGAWA JR Y, E. Biomechanics and physiological parameters during gait in lower-limb amputees: A systematic review. **Gait & Posture**, p. 16, 2011.

SAUL, J. *et al.* Heart rate and muscle sympathetic nerve variability during reflex changes of autonomic activity. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 258, n. 3, p. H713-H721, 1990.

SEVRE, K. *et al.* Autonomic Function in Hypertensive and Normotensive Subjects : The Importance of Gender. **Hypertension**, v. 37, n. 6, p. 1351-1356, June 1, 2001 2001.

SHAHRIAR, S. H. *et al.* Cardiovascular risk factors among males with war-related bilateral lower limb amputation. **Military medicine**, v. 174, n. 10, p. 1108-12, Oct 2009.

SKINNER, H. B. **General Principles of Amputation**: McGraw-Hill 2006.

SOARES, A. S. O. D. C. *et al.* Biomechanical parameters of gait among transtibial amputees: a review. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 127, n. 5, 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, n. 5, p. 334-340, 2001.

TARVAINEN, M. P.; NISKANEN, J.-P. Kubios HRV version 2.0 user's guide. **Department of Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finland**, 2008.

THAYER, J. F. *et al.* The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. **International journal of cardiology**, v. 141, n. 2, p. 122-131, 2010.

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 & Development**, v. 41, n. 4, 2004.

VAN VELZEN, J. *et al.* Physical capacity and walking ability after lower limb amputation: a systematic review. **Clinical rehabilitation**, v. 20, n. 11, p. 999-1016, 2006.

VANDERLEI, L. C. M. *et al.* Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, v. 24, n. 2, p. 205-217, 2009

VOLLMAR, J. F. *et al.* Aortic aneurysm as late sequelae of above_knee amputation. **Lancet.**, v. 2, p. 834-5, 1989.

WATERS, R. L.; MULROY, S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. **Gait & posture**, v. 9, n. 3, p. 207-231, 1999.

WECHT, J. M. *et al.* Cardiac autonomic responses to progressive head-up tilt in individuals with paraplegia. **Clinical Autonomic Research**, v. 13, n. 6, p. 433-438, 2003.

WEISE, F. *et al.* Contributions of sympathetic and vagal mechanisms to the genesis of heart rate fluctuations during orthostatic load: a spectral analysis. **Journal of the autonomic nervous system**, v. 21, n. 2, p. 127-134, 1987.

YAMANAKA, Y.; HONMA, K. Cardiovascular autonomic nervous response to postural change in 610 healthy Japanese subjects in relation to age. **Autonomic Neuroscience**, v. 124, n. 1, p. 125-131, 2006.

YEKUTIEL, M. *et al.* The prevalence of hypertension, ischaemic heart disease and diabetes in traumatic spinal cord injured patients and amputees. **Paraplegia.**, v. 27, p. 58-62, 1989.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



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 Sr.(a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário da pesquisa “**Modulação autonômica cardíaca em amputados traumáticos de membro inferior**”. Neste estudo, pretendemos avaliar se o uso de prótese pode ser considerado um fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. A pesquisa será realizada em 2 dias distintos da seguinte forma:

1º dia- O Sr(a) deverá responder a uma entrevista para investigação dos seus hábitos de vida, doenças prévias e presença de fatores de risco para doenças do sistema cardiovascular. Após a entrevista, será aplicado um questionário para a avaliação do seu nível de atividade física, da qualidade do sono. Será realizado um breve exame físico, em que será feita uma avaliação antropométrica (peso, altura, composição corporal), verificação da pressão arterial de repouso e registro dos seus batimentos cardíacos para o estudo indireto da atuação do sistema nervoso sobre o seu coração.

2º dia- Nesse dia o Sr.(a) ficará deitado em repouso durante 15 minutos para registro dos batimentos cardíacos, através do uso de uma cinta que será colocada em seu tórax, que emite dados para um relógio de pulso que funciona como receptor (monitor de frequência cardíaca). Após esse tempo, o Sr.(a) ficará de pé e permanecerá nessa posição por mais 10 minutos. Após esse período, sua prótese será retirada e o procedimento será realizado novamente.

Todos os experimentos descritos ocorrerão sempre no período da manhã no Centro de Atenção à Saúde da Universidade Federal de Juiz de Fora – HU/CAS.

Antes de aceitar participar da pesquisa, leia atentamente as explicações abaixo:

1. Você poderá se recusar a participar da pesquisa, sem nenhuma penalização ou prejuízo.
2. A sua participação não implicará em receber bônus, como também não terá ônus. Caso o tenha, se comprovado for, será ressarcido pelos pesquisadores responsáveis.
3. Você poderá perguntar aos pesquisadores todas as dúvidas que tiver a respeito da pesquisa e dos procedimentos aos quais será submetido. As suas dúvidas serão prontamente esclarecidas pelos mesmos.

4. Você poderá retirar o seu consentimento ou desistir de participar da pesquisa em qualquer momento, não havendo penalizações para tal.
5. Os dados obtidos na pesquisa serão armazenados em total sigilo, sua identidade não será revelada em hipótese alguma e os dados coletados serão de uso exclusivo dos pesquisadores para a divulgação científica dos resultados da pesquisa.
6. Os dados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.
7. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada por um período mínimo de 5 anos pelo pesquisador responsável, no Laboratório de Avaliação Motora da FAEFID – UFJF, e outra será fornecida a você.

Eu, _____, portador do RG nº _____, residente à _____

na cidade de _____ - _____, tel: _____ e-mail: _____ fui informado de maneira clara e detalha 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, como voluntário, 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 20____.

Assinatura participante ou responsável

Assinatura pesquisador

Assinatura testemunha

1ª via – voluntário da pesquisa / 2ª via – arquivamento com os pesquisadores

Em caso de dúvidas quanto aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Rua Catulo Brevigueri, s/n, Bairro Santa Catarina, CEP: 36036-110. Tel. (32) 4009-5187

E-mail: pesquisa@hufjf.ufjf.br

APÊNDICE B – Ficha de anamneses e exame físico

FICHA DE ANAMNESE E EXAME FÍSICO

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 da protetização: _____ Mês e ano da protetização: ___/_____
 Nome do profissional avaliador: _____

2-História da doença atual

3-História Patológica Progressiva:

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-Exame Físico

7.1- Sinais vitais:

- FC: _____ bpm
 - PA: posição supina - ___ / ___ mmHg

posição ortostática - ____ / ____ mmHg
 -FR: ____ ipm

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 A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do HU-UFJF
 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 hipotensão 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 Perroux 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 aeróbico 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 Supracondyliem* 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. Anelice Maria Godoy
 Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa
 HU-UFJF

ANEXO B – 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 |
| | | | | | | |
| 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 suou:
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?								
	<input type="text"/>	1		3				5	
	- quantas horas por semana?								
	<input type="text"/>	<1	1<2	2<3	3-4			>4	
	- quantos meses por ano?								
	<input type="text"/>	<1	1-3	4-6	7-9			>9	
	Se você faz um fez segundo esporte ou exercício físico, qual o tipo?:								
	<input type="text"/>	1		3				5	
	- quantas horas por semana?								
	<input type="text"/>	<1	1<2	2<3	3-4			>4	
	- quantos meses por ano?								
	<input type="text"/>	<1	1-3	4-6	7-9			>9	
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 sou: 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)	
<p>Escore de AFO = $\frac{\text{questão1} + \text{questão2} + \text{questão3} + \text{questão4} + \text{questão5} + \text{questão6} + \text{questão7} + \text{questão8}}{8}$</p>	
Cálculo da primeira questão referente ao tipo de ocupação:	
<p>◆ 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)</p>	
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) 	
<p>◆ Para o cálculo desta questão, os valores devem ser multiplicados e somados:</p> <p>[Modalidade 1=(Intensidade*Tempo*Proporção)+Modalidade 2=(Intensidade*Tempo*Proporção)]</p>	
<p>◆ 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> <p>[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:	
<p>Escore de EFL = $\frac{\text{questão9} + \text{questão10} + \text{questão11} + \text{questão12}}{4}$</p>	
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:	
<p>Escore de ALL = $\frac{(6 - \text{questão13}) + \text{questão14} + \text{questão15} + \text{questão16}}{4}$</p>	
<p>Escore total de atividade física (ET)= AFO+EFL+ALL</p>	