

MARCUS VINICIUS GRECCO

**Efeito do treinamento concorrente em pacientes com
amputação transtibial unilateral**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Ciências

Programa de Ciências do Sistema
Musculoesquelético

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Maria D'Andrea
Greve

Versão corrigida. Resolução CoPGr n°6018,
de 13 de outubro de 2011. A versão original
está disponível na Biblioteca FMUSP

**São Paulo
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Grecco, Marcus Vinicius
Efeito do treinamento concorrente em pacientes
com amputação transtibial unilateral / Marcus
Vinicius Grecco. -- São Paulo, 2020.
Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências do Sistema
Musculoesquelético.
Orientadora: Júlia Maria D'Andrea Greve.

Descritores: 1.Amputação transtibial
2.Treinamento concorrente 3.Reabilitação 4.Estudo
comparativo

USP/FM/DBD-142/20

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Gisele, por seu apoio, conselhos, paciência, carinho e pela felicidade de tê-la ao meu lado, sem a qual seria impossível a realização deste trabalho.

À minha mãe, Nilda, por sempre acreditar em mim, me apoiar em novas conquistas e ficar ao meu lado em todas as minhas decisões.

Ao meu pai, Ari, por ter me ensinado a lutar por meus objetivos e nunca desistir de alcançá-los.

À minha avó, Cândida (*in memoriam*), que me ensinou o valor do trabalho, da família e da honestidade na vida de um homem.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a. Júlia Maria D'Andrea Greve, médica associada do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da FMUSP, por ter aberto as portas desta instituição, onde hoje defendo este trabalho com a sua orientação, tendo orgulho de ser funcionário.

Ao Dr. André Pedrinelli, chefe do grupo de medicina esportiva do IOT-HC-FMUSP, idealizador deste projeto e que permitiu transitar na oficina ortopédica para captação de pacientes e manutenção das próteses dos amputados estudados.

Às professoras de educação física do LEM-IOT-HC-FMUSP, Juliana Cristina de Sousa Resende e Mara Silvia Afonso, por terem me auxiliado no protocolo de treino dos amputados.

Ao Dr. Paulo Roberto Santos Silva, fisiologista do LEM- IOT-HC-FMUSP, responsável pela ergoespirometria do laboratório e realizador de todos os testes cardiorrespiratórios desta tese.

Aos auxiliares técnicos em saúde do LEM-IOT-HC-FMUSP, Marcelo Pedro e André de Oliveira Silva, por terem realizado as avaliações de dinamometria isocinética deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de figuras

Lista de tabelas

Lista de gráficos

Resumo

Summary

1	Introdução.....	1
1.1	Hipótese do estudo.....	2
1.2	Objetivo.....	3
1.2.1	Geral.....	3
1.2.2	Específicos.....	3
2	Revisão de Literatura.....	5
2.1	Amputação transtibial.....	5
2.2	Atividade física e amputação transtibial.....	8
2.3	Treinamento concorrente.....	9
3	Métodos.....	13
3.1	Casuística	13
3.2	Avaliação.....	15
3.2.1	Anamnese.....	16
3.2.2	Avaliação funcional.....	16
3.2.3	Dinamometria isocinética.....	17
3.2.4	Ergoespirometria.....	18
3.2.5	Plataforma de equilíbrio.....	20
3.3	Treinamento.....	22
3.3.1	Treinamento resistido.....	22
3.3.2	Treinamento aeróbio.....	23

3.4	Análise estatística.....	25
4	Resultado.....	26
5	Discussão.....	32
6	Conclusão.....	38
7	Anexo.....	39
8	Referência.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ciclo da deficiência, inatividade e declínio funcional.....	1
Figura 2	Prótese transtibial tipo KBM.....	8
Figura 3	Bom nível de amputação transtibial.....	15
Figura 4	Posicionamento no dinamômetro isocinético.....	18
Figura 5	Avaliação do equilíbrio estático e dinâmico.....	21
Figura 6	Exercício “ leg press “ unilateral.....	23
Figura 7	Treino aeróbio na bicicleta ergométrica.....	24
Figura 8	Treino intervalado de 20 minutos na relação 2:3.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Idade, IMC, gênero, lado amputado, tempo de amputação...14	14
Tabela 2 Avaliação clínica no pré e pós treino..... 26	26
Tabela 3 Coeficiente de Cohen na circunferência da coxa.....26	26
Tabela 4 Avaliação dos testes funcionais no pé e pós treino.....27	27
Tabela 5 Coeficiente de Cohen na avaliação funcional..... 27	27
Tabela 6 Avaliação isocinética na velocidade de 60° pré e pós treino..28	28
Tabela 7 Avaliação isocinética na velocidade 240° pré e pós treino.....28	28
Tabela 8 Coeficiente de Cohen na dinamometria isocinética.....29	29
Tabela 9 Avaliação do VO ₂ max no pré e pós treino.....29	29
Tabela 10 Coeficiente de Cohen na ergoespirometria.....30	30
Tabela 11 Avaliação da plataforma de equilíbrio no pré e pós treino....30	30
Tabela 12 Coeficiente de Cohen na velocidade de oscilação do centro de gravidade.....30	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Evolução de cargas dos exercícios resistidos.....	31
------------------	---	----

RESUMO

Grecco MV. *Efeito do treinamento concorrente em pacientes com amputação transtibial unilateral* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2020.

OBJETIVOS: Avaliar o efeito de um treinamento concorrente (TC) de oito semanas para força, potência e aptidão cardiorrespiratória na condição muscular, equilíbrio, distribuição de carga nos MMII e capacidade aeróbia em pacientes com amputação transtibial unilateral (ATU). **MATERIAL E MÉTODOS:** Foram selecionados 31 ATU com uso de prótese acima de três meses. Os pacientes foram randomizados em dois grupos. Grupo1 (n=17) - amputados transtibiais unilateral não treinados que fizeram a avaliação e o treinamento preconizado com a prótese (musculação x aeróbio intervalado na bicicleta ergométrica). Grupo 2 (n=14) - amputados transtibiais unilateral não treinados que após a avaliação não foram incluídos para o treinamento preconizado. Todos os pacientes foram avaliados no momento da randomização e oito semanas após. Para o G2, após a segunda avaliação, foi oferecido o protocolo de treinamento realizado pelo G1. A avaliação constou de anamnese (critérios de inclusão), avaliação clínica e funcional, teste ergoespirométrico, dinamometria isocinética de joelho, posturografia estática e dinâmica. A idade do grupo foi $30 \pm 8,7$ anos, IMC de $26 \pm 4,7$, tempo de amputação $27 \pm 30,5$ meses, 78% eram homens e 58% com amputação no lado esquerdo, 10% usavam antidepressivos e 16% anti-hipertensivos. **RESULTADOS E CONCLUSÃO:** O TC de oito semanas foi eficaz na melhora da função e aptidões físicas avaliadas nos ATU. Observou-se que os ATU, mesmo após a protetização e alta do programa de reabilitação, tinham deficiências metabólicas e funcionais e o TC é uma boa opção para melhorar o desempenho funcional e reabilitação dos ATU.

DESCRITORES: Amputação transtibial; Treinamento concorrente; Reabilitação, Estudo Comparativo.

SUMMARY

Grecco MV. *Effect of the concurrent training in patients with unilateral transtibial amputation* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2020.

OBJECTIVES: To assess the effect of concurrent training (CT) of an eight-week on strength, power and cardiorespiratory fitness on muscle condition, balance, load distribution in the lower limbs and aerobic capacity in patients with unilateral transtibial amputation (UTA). **MATERIAL AND METHODS:** Thirty-one individuals with prosthesis over three-months were selected. Patients were randomly divided into two groups. Group 1 (n = 17) denominated UTA who performed the evaluation and training recommended by the prosthesis (bodybuilding vs. aerobic interval-training on the exercise cycle ergometer). Group 2 (n = 14) denominated untrained unilateral transtibial (UUT) amputees who after the evaluation were not included for the recommended training. All patients were evaluated at the baseline time of randomization and eight weeks after. After the second evaluation, the training protocol for G2 was offered. The evaluation consisted of anamnesis (inclusion criteria), clinical and functional evaluation, cardiopulmonary exercise testing, isokinetic knee testing, static and dynamic posturography. The age of the group was 30 ± 8.7 years old, BMI $26 \pm 4.7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, amputation time 27 ± 30.5 months, 78% were men and 58% with amputation on the left side, 10% used antidepressants and 16% antihypertensive medicine. **RESULTS AND CONCLUSION:** The eight-week CT scan was effective in improving the function and physical abilities evaluated in the UTA. It was observed that the UTA group, even after the rehabilitation and discharge of the rehabilitation program, had metabolic and functional deficiencies and CT is a great option to improve the functional performance and rehabilitation of the UTA group.

DESCRIPTORS: Transtibial amputation; Concurrent training; Rehabilitation, Comparative study.

1 INTRODUÇÃO

A amputação transtibial (AT) é uma das mais frequentes dos MMII e é considerada um bom nível para a protetização. A AT acomete mais homens (75% dos casos), entre 50 e 75 anos, por complicações vasculares. As amputações traumáticas são mais observadas em adultos jovens, pela maior exposição aos acidentes de trabalho e trânsito¹.

A AT predispõe ao sedentarismo, pois, mesmo a marcha regular com próteses e/ou muletas pode levar à fadiga precoce². Esta condição pode levar o amputado às complicações relacionadas com o sedentarismo: sarcopenia, osteoporose e síndrome metabólica^{2,3,4,5}.

Figoni (1995)⁵ denominou esta condição como “ciclo da deficiência, inatividade e declínio funcional” (Figura1):

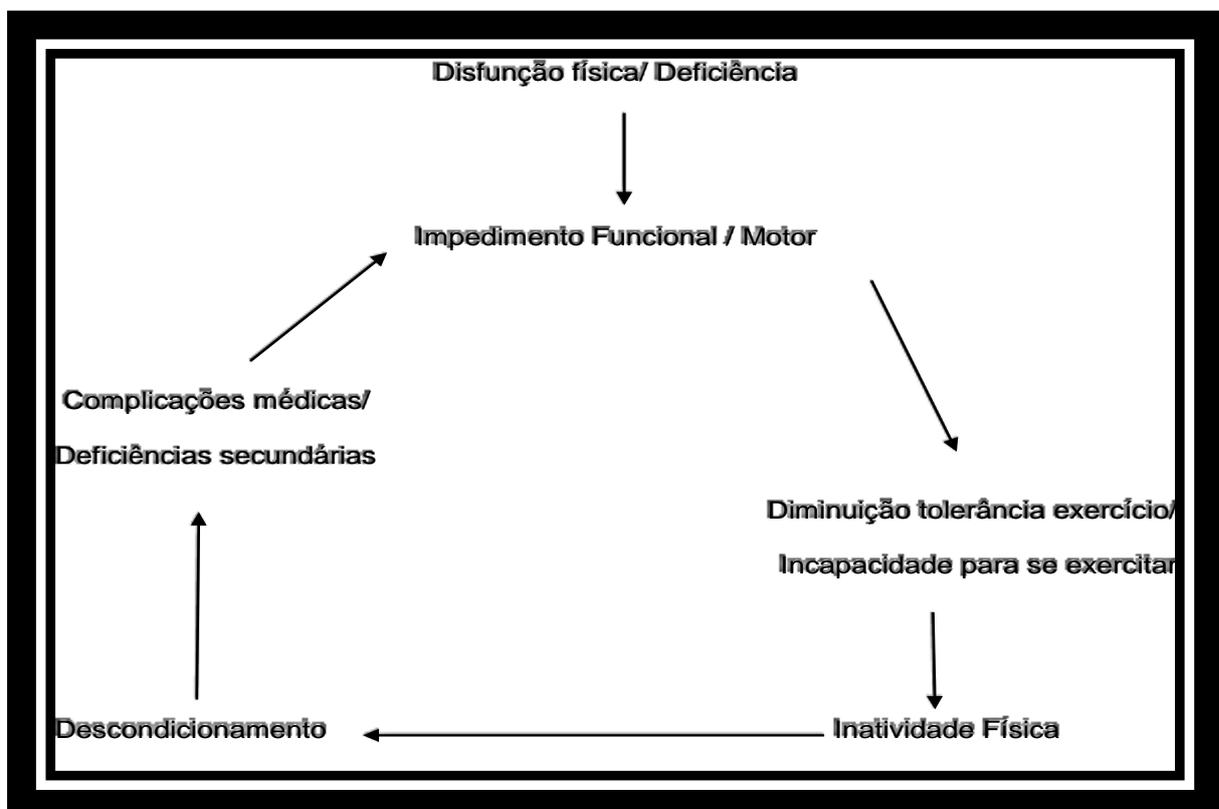


Figura 1: Representação do ciclo da deficiência, inatividade e declínio funcional (Figoni, 1995)

Os pacientes com AT podem executar qualquer atividade física desde que a prótese esteja bem adaptada. A deficiência do equilíbrio, força e resistência muscular são os aspectos mais importantes na gênese da incapacidade e requerem um treinamento específico^{6,7}.

A pessoa sem amputação é capaz de manter o alinhamento postural de forma automática e minimizar o gasto energético na execução das tarefas motoras habituais como sentar-se levantar-se e andar. A amputação sobrecarrega o lado não amputado, pelo deslocamento lateral do centro de gravidade (CG) na posição sentada e em pé, e leva à assimetria postural⁸. A busca de melhor distribuição de peso entre o lado amputado e não amputado é mandatória em programas de reabilitação e de condicionamento físico de pacientes com AT ^{8,9,10}.

Exercícios resistidos com adaptação de cargas e mecânica do movimento, melhoram a condição muscular e mobilidade do coto, permitindo o melhor uso funcional da prótese. Nas AT unilaterais, os exercícios promovem a adequação postural, atenuando dessa forma os desequilíbrios laterais^{11,12}.

A frequência cardíaca e a necessidade de um consumo máximo de oxigênio (VO₂max) do paciente com AT em pé e sentado é 5% maior que nos indivíduos não amputados.

Após o programa de reabilitação convencional, é necessário que um programa de condicionamento físico seja instituído e mantido para ganho de força muscular, agilidade, equilíbrio, controle postural e melhora cardiorrespiratória⁷.

A boa condição física proporciona independência e previne as complicações do sedentarismo, que é um grande mal nesta população. A prática regular de exercícios também traz benefícios psicológicos pela melhora da autoestima ^{11,12,13,14}.

1.1 Hipótese do estudo

Considerando que amputados transtibiais unilaterais, após o processo de reabilitação com colocação e adaptação da prótese e em uso da prótese há três ou mais meses podem manter:

- Hipotrofia muscular nos dois membros inferiores com perda de força e resistência muscular;
- Assimetria na distribuição de carga entre os membros inferiores (MMII);
- Deficiência de equilíbrio;
- Dificuldade para realizar as atividades de vida diária (AVDs).

A hipótese do estudo é que um programa de treinamento físico com exercícios resistidos e aeróbios por oito semanas melhora a condição muscular, o equilíbrio, a distribuição de carga nos membros inferiores, consumo máximo de oxigênio e desempenho nas atividades diárias, independentemente do tempo de protetização, idade e etiologia da amputação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Avaliar o efeito de um treinamento para força e potência muscular e aptidão cardiorrespiratória de oito semanas na condição muscular, equilíbrio, distribuição de carga nos MMII e capacidade aeróbia em pacientes com amputação transtibial unilateral com uso de prótese há três meses ou mais.

1.2.2 Específicos

Avaliar antes e depois do programa de treinamento:

- Capacidade funcional: sentar-se e levantar, "*Time-up and go test (TUGT)*" e teste de escada.
- Condição muscular dos flexores e extensores do joelho pela dinamometria isocinética.

- Avaliar o equilíbrio estático e dinâmico pelo *Sistema Balance Master*®.
- Condição cardiorrespiratória pelo teste ergoespirométrico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Amputação Transtibial

As duas guerras mundiais trouxeram um grande número de amputados, fato que gerou a necessidade da melhoria tecnológica gradual das próteses com o desenvolvimento de componentes pré-fabricados e padronizados, que facilitaram a adaptação e reabilitação individual⁶.

A amputação transtibial é uma das mais frequentes no MMII (30%) e é definida como a retirada total ou parcial de um segmento do corpo na altura da tíbia, levando à limitação funcional. Embora, a AT seja considerada de bom prognóstico para o uso de prótese, o paciente pode apresentar dificuldades para locomoção, transferências e trocas posturais, assim como algumas complicações decorrentes da amputação: dor, sensações fantasma, perda de autoestima, medo e depressão^{5,6,7,8}.

O coto ou membro residual é responsável pelo controle da prótese durante o ortostatismo e deambulação. Algumas complicações podem advir da cirurgia e da falta de cuidados pós-operatórios adequados: deformidades em flexão, irregularidades ósseas, excesso de partes moles, cicatrização inadequada, neuromas dolorosos, complicações cutâneas ou comprometimento vascular prejudicando a protetização, reabilitação funcional e a qualidade de vida^{8,11,15}.

As causas mais comuns das amputações transtibiais (AT) são as insuficiências arteriais periféricas, complicações do diabetes mellitus, infecções graves, hanseníase, traumas, neoplasias e deformidades congênitas. A faixa etária mais acometida é de 50 a 75 anos de causas vasculares, seguida pelos traumas em adultos jovens, nos acidentes de trabalho e trânsito. Nas crianças, as causas mais comuns são as deformidades congênitas, condições traumáticas e neoplasias. Há maior predomínio de AT no sexo masculino, que responde por 75% dos casos.^{1,6}

A AT causa, na maioria das vezes, perda funcional musculoesquelética, levando à uma possível condição incapacitante com repercussões sociais, econômicas e familiares. Podem ocorrer dificuldades para a integração do coto de amputação na nova imagem corporal. É importante que ocorra aceitação da perda

física e a incorporação do coto como um novo membro, condição necessária para integrar a prótese ao esquema corporal, usando a musculatura remanescente para controle dos movimentos^{1,8,9}.

É importante destacar o significativo ganho funcional decorrente da preservação do joelho, comparativamente aos níveis mais proximais de amputação. O nível dito “ideal” é na altura da junção miotendínea dos gastrocnêmios. A preservação da fíbula previne a rotação. A fíbula, no entanto, deve ser de um comprimento menor em relação à tíbia. Os pré-requisitos do coto, necessários, para uma protetização bem-sucedida são: mobilidade e circulação sanguínea adequadas, coxim músculo-adiposo suficiente, pele sadia e ausência de dor^{1,6}.

A avaliação das condições gerais de cada paciente também deve ser considerada: visão, audição, circulação, comorbidades, controle esfinteriano vesical e intestinal, força e mobilidade do tronco e pelve, equilíbrio, alterações posturais, condições socioeconômicas, expectativas, condições domiciliares e suporte para cuidados.^{8,9}

O programa de reabilitação é multidisciplinar e busca a participação ativa do paciente no seu tratamento. A reabilitação busca a melhora física, funcional com reintegração à família e comunidade e deve ser iniciada precocemente para evitar agravamento das incapacidades, com a rápida protetização e retorno às atividades^{12,13,14,15}.

O programa de reabilitação deve ser precoce para manter o correto posicionamento, redução do edema (drenagem e enfaixamento), mobilidade e dessensibilização do coto. São prescritos exercícios ativo-assistidos, ativo-livres, isométricos e para propriocepção, visando prevenção de deformidades, manutenção da mobilidade e condição funcional do membro amputado, além de treinamento para o membro contralateral, membros superiores, ortostatismo e marcha¹⁶.

Os objetivos do programa de reabilitação precoce são: cicatrização e redução do edema do coto, melhora da força muscular, treino de transferências e cuidados no leito, prevenção de deformidades e contraturas articulares, manutenção do esquema corporal pelo ortostatismo e marcha com muletas, de acordo com a evolução e condições gerais de cada paciente.^{1,15,16}

Um programa de reabilitação¹ para um paciente com AT segue o seguinte protocolo:

Fase inicial:

- Cuidados com cicatrização do coto.
- Enfaixamento do coto: redução do edema, dessensibilização e formato cilíndrico.
- Prevenção de deformidades: evitar flexão do joelho e abdução, flexão e rotação externa da coxa.
- Manutenção da mobilidade membro amputado - exercícios passivos e ativos de todas as articulações remanescentes.

Fase intermediária / reabilitação

- Manter as orientações iniciais
- Mobilidade e força muscular – membro amputado, contralateral tronco e membros superiores
- Reeducação postural e imagem corporal
- Ortostatismo/ distribuição de cargas entre os membros
- Marcha com auxílio (muleta, andador, etc...)¹.

Os pacientes AT gastam dez a 30 % a mais de energia durante a marcha que indivíduos não amputados³.

O fortalecimento do membro contralateral da amputação mantendo o suporte de peso no lado protetizado (chutar uma bola ou subir e descer escadas) ajuda na diminuição da assimetria de apoio durante a marcha¹,¹⁵.

A prótese deve ser leve para diminuir a demanda muscular e facilitar a marcha, mas em alguns pacientes com idade avançada, insegurança, medo de cair, condição do membro residual e coto, a prótese pode ser indicada apenas para facilitar as transferências e aumentar a independência para as atividades diárias⁵,⁶,⁷.

A prótese mais prescrita para AT, no Sistema Único de Saúde, é a KBM (“*Kondylen Bettung Munster*”), de origem alemã e criada em 1968 (Figura 2)¹⁷. A descarga de peso ocorre no tendão patelar, deixando, portanto, a patela livre. A suspensão se faz nos côndilos femorais. Trata-se de um modelo muito utilizado, especialmente usuários de prótese de longa data, com nível de atividade baixo ou moderado. Em nosso sistema de saúde este tipo de prótese é muito prescrita com o

pé SACH (“*solid ankle cushionheel*”). Em casos específicos, pode-se adaptar um pé dinâmico ou articulado uniaxial¹⁷.



Figura 2: Prótese transtibial tipo KBM

Uma outra opção de prótese, prescrita pelo nosso sistema de saúde, é a TSWB (Total Surfacing Weight Bearing). Trata-se de um encaixe com apoio total e denominado como um sistema hidrostático. A suspensão se faz por sucção, ou seja, existe uma válvula de expulsão de ar associada acoplada ao encaixe rígido. Excelente opção para pacientes com nível de atividade moderado a alto¹⁷. As próteses tipo PTB e PTS, muito usadas antes, caíram em desuso hoje em dia nas prescrições pelo melhor ajuste e usabilidade das próteses atuais.

2.2 Atividade física e Amputação transtibial

A atividade física (AF) tem sido utilizada na reabilitação de amputados para melhorar a motricidade, adaptação à prótese e treinamento cardiorrespiratório aumentando a segurança do paciente pela ampliação das experiências motoras¹⁶.

Ludwig Guttman em 1940, incluiu a prática esportiva no programa de reabilitação dos lesados medulares e outras deficiências e desde então, o esporte vem contribuindo para a integração social e qualidade de vida das pessoas com deficiência^{5,7}.

A condição física inicial do AT pode variar pelas lesões traumáticas de jovens e nas doenças crônicas dos mais idosos. Em qualquer etiologia, porém, a atividade física adequada traz benefícios para a condição física e emocional dos pacientes⁶.

Os amputados podem executar a maioria das atividades desde que a prótese esteja bem adaptada às sobrecargas e impactos para ganho de agilidade, equilíbrio, coordenação, resistência e velocidade. O equilíbrio é o aspecto físico mais prejudicado no AT unilateral e os dois membros precisam ser treinados para ganho de força e controle motor. Além disso, o sedentarismo causa perda da condição cardiovascular pela redução do débito cardíaco, do volume sistólico e da extração periférica de O₂, levando à diminuição do VO₂max e do limiar ventilatório piorando a incapacidade^{4,5,6}.

O sedentarismo nas AT pode ser consequência do uso da prótese, pela maior demanda energética e hipotrofia muscular remanescente dos MMII (amputado e não amputado) e aumento da massa gorda na composição corporal⁵.

Para se fazer uma boa avaliação da capacidade aeróbia da AT unilateral há necessidade de uma prótese bem adaptada para maior segurança e eficácia do teste. Recomenda-se o uso da bicicleta estacionária. A frequência cardíaca e consumo máximo de oxigênio (VO₂max) do paciente com AT é 5% maior em pé e sentado que nos indivíduos não amputados^{3,6,7}.

A atividade física dos AT deve valorizar as atividades para conhecimento do corpo e mudanças posturais pós amputação e protetização, além o ganho de equilíbrio. A amputação pode sobrecarregar o lado não amputado, pelo deslocamento lateral do centro de gravidade (CG) e leva à assimetria postural. A busca da melhor distribuição de peso entre lado amputado e não amputado é mandatória em programas de reabilitação e condicionamento físico de pacientes com AT^{8,9}.

As contraindicações relativas da prática de atividades física estão relacionadas às lesões do coto pelo uso inadequado da prótese⁵.

A prática regular de AF traz benefícios físicos e psicológicos para os AT, melhorando a condição do coto, equilíbrio e força muscular.^{7,11,15,16}

2.3 Treinamento concorrente

Treinamento concorrente (TC) é o programa que combina exercícios para força muscular (TF) e resistência aeróbia (TRA) realizados de forma conjunta. O treinamento aeróbio e de força utilizam o glicogênio muscular como fonte de energia¹⁸.

Os sistemas energéticos ATP-CP, oxidativo e glicolítico atuam simultaneamente, havendo assim predomínio de um ou outro dependendo da duração e intensidade do treino:

- Hipertrofia e força - Sistemas ATP-CP e glicolítico e atuação do sistema oxidativo nos períodos de recuperação entre as séries.
- Resistência aeróbia - sistema glicolítico na fase inicial, que passa ao oxidativo pela manutenção do exercício. ^{18,19}

O treinamento concorrente diminui o glicogênio muscular e o treinamento excessivo (contraindicado) facilita a gliconeogênese hepática e proteólise muscular com prejuízo da hipertrofia²⁰.

A perda de massa muscular diminui força e equilíbrio, mas o estresse mecânico, dado pelo exercício adequado, ativa a expressão do RNA mensageiro (RNAm) e síntese proteica muscular. Os núcleos das células musculares não proliferam, mas há a fusão de núcleos das células-tronco satélite (situadas entre a lâmina basal e o sarcolema das fibras musculares), que agem na regeneração do músculo, em resposta às microlesões causadas pelo exercício. As células satélites se fundem e dividem o seu núcleo com a fibra muscular e aumenta a síntese de novas proteínas contráteis. O aumento do número de novos núcleos que preenchem o espaço deixado pelas microlesões na fibra muscular e formando mais miofibrilas, causam hipertrofia muscular²¹.

Existem dois tipos de hipertrofia: aguda (metabólica) e a crônica (tensional). A hipertrofia aguda, sarcoplasmática e transitória, pode ser considerada como o aumento do volume muscular durante uma sessão de treinamento, pelo acúmulo de líquido e glicogênio nos espaços intersticial e intracelular. A hipertrofia crônica ocorre após longo período de treinamento com exercícios resistidos e está relacionada com aumento de miofibrilas, do número de filamentos de actina-miosina, do conteúdo sarcoplasmático e tecido conjuntivo²².

Durante um período contínuo e prolongado de treinamento específico, ocorrem modificações do tipo e características das fibras musculares. A interação das

atividades no treinamento concorrente poderia comprometer essa adaptação. As fibras intermediárias, solicitadas nos exercícios resistidos e nos aeróbios, não seriam capazes de se adaptar, pois as adaptações requeridas nos dois tipos de treinamento são diferentes do ponto de vista metabólico e neurológico. Suspeita-se que o treinamento concorrente aumentaria a proporção de fibras musculares tipo I, que difere do treinamento de força visando hipertrofia muscular, onde se observa o aumento das fibras musculares do tipo II^{20,22}.

O treinamento de força (anaeróbio) produz lactato, com aumento da atividade das enzimas glicolíticas, dos hormônios anabólicos (testosterona e GH) e das proteínas contráteis. O treinamento aeróbio causa aumento da mioglobina, do número e tamanho de mitocôndrias, da atividade de enzimas oxidativas e da degradação miofibrilar^{18,20}.

A concentração de nitrogênio na ureia, marcador de proteólise, no treinamento aeróbio é maior que do treinamento concorrente e de força. Cada grama de nitrogênio na ureia corresponde a 6,25 gramas de proteína catabolizada. O treinamento concorrente é mais eficiente para a manutenção da massa magra e aumento do metabolismo basal²¹.

O catabolismo proteico é o fator responsável pela menor taxa metabólica basal observada no treino aeróbio comparado ao treinamento concorrente. O treinamento concorrente acrescenta 350 KJ/ dia e o treinamento aeróbio diminui 200 KJ/ dia no metabolismo basal dos indivíduos, mostrando que o último não é adequado para manutenção e aumento da massa magra^{18,21}.

Um treinamento concorrente adequado deve manter a relação GH-testosterona-cortisol em favor do anabolismo. Um grande volume de treinamento pode liberar muito cortisol e inibir o anabolismo. Para ganho de massa muscular, sugere-se treinos com pouco volume e mais intensidade. Treinos aeróbios de 10 a 20 minutos dentro dos limiares ventilatórios 1 e 2 e treino de força para os grandes grupos musculares, 2 a 3 séries para cada exercício com 8 a 12 repetições de 70 a 80% da carga máxima, duas vezes na semana, são bem aceitos para um anabolismo positivo¹⁸.

Treino concorrente com corrida mostram maior inibição no desenvolvimento de força e massa muscular. A corrida aumenta o consumo máximo de oxigênio e a

queima calórica, sendo eficiente para perda de peso mais rápida. É consenso que o treino de força combinado com corrida prejudica a hipertrofia e força máxima quando se compara com treino de força isolado^{18,19,21}.

O treino concorrente com bicicleta não prejudica a hipertrofia e ganho de força quando comparado ao treino isolado de força. Hipertrofia nas fibras do tipo II é vista no treinamento de força e concorrente com bicicleta. O movimento de pedalar (exercício em cadeia fechada contra resistência) pode ser um dos fatores para estes resultados, pela adaptação das fibras IIa. A bicicleta ergométrica é utilizada para condicionamento físico de pacientes com AT pela segurança e eficiência^{21,22,23,24}.

O treinamento aeróbio de intensidade baixa e moderada (60-80% do VO₂max) promove adaptações fisiológicas no componente central (adaptação cardiovascular). Já, o treinamento aeróbio de alta intensidade (> 90% do VO₂max), promove adaptações periféricas pelo estado de hipóxia muscular. O treino resistido (força) de alta intensidade (1 a 5 repetições máximas) causa uma adaptação central (neural). O treino resistido de intensidade baixa a moderada (8 a 15 repetições máximas) causam adaptações periféricas¹⁸. Neste contexto, temos que evitar o TC numa zona de interferência.

Um modelo de treinamento na zona de interferência: exercícios resistidos (8-12RM) combinados com treino aeróbio (95-100% VO₂max) promoveriam juntos adaptações periféricas que estariam relacionadas com o efeito da concorrência prejudicando a compensação muscular e a potencialização dos efeitos fisiológicos positivos¹⁸.

Os programas de treinamento concorrente são efetivos para melhorar a força e resistência muscular, o tempo de exaustão na atividade aeróbia e a velocidade da corrida (longa distância) quando comparados ao treinamento exclusivo de força ou de resistência aeróbia²¹.

O treinamento concorrente é recomendado para grupos especiais pelas adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias. Nos AT, o treinamento concorrente melhora a força muscular geral, aumenta o VO₂máx e diminui fadiga, desde que adequado em volume e intensidade ^{18,19,20,21,22,23,24}.

MÉTODOS

Este é um trabalho clínico, prospectivo, controlado e randomizado.

Foi aprovado pela Comissão Científica do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IOT-HC-FMUSP) e pela Comissão Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (Plataforma Brasil) sob o CAAE: 82388117.3.0000.0068. Previamente a participação no estudo, todos os indivíduos foram esclarecidos sobre os procedimentos de avaliação, objetivos e seus possíveis benefícios e riscos de um estudo desta natureza e assinaram termo de consentimento (resolução específica N° 466/12 do Conselho Nacional de Saúde).

3.1 Casuística

Foram incluídos 31 pacientes com amputação transtibial unilateral (ATU), entre 2012 a 2020 no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IOT-HC-FMUSP).

Todos os pacientes vieram do Grupo Ambulatorial de Amputados do IOT-HC-FMUSP e foram randomizados em dois grupos:

- Grupo Experimental/Treino (G1) (n=17) - amputados transtibiais unilateral não treinados que fizeram a avaliação e o treinamento preconizado.
- Grupo Controle/Sem treino (G2) (n=14) - amputados transtibiais unilateral não treinados que após a avaliação não foram incluídos para o treinamento preconizado.

A randomização dos pacientes foi feita por sorteio. Foram colocadas 20 etiquetas (G1- grupo experimental) e 20 etiquetas (G2- grupo controle) dentro de um envelope (locação ocultada), sorteadas na chegada dos pacientes. As 40 etiquetas foram sorteadas.

Todos os amputados foram avaliados pela anamnese e exame físico (Anexo 1) para verificar as condições clínicas e critérios de inclusão. Durante o processo da pesquisa tivemos perda de 22% dos participantes.

Os critérios de inclusão foram:

- Amputação transtibial unilateral proveniente de trauma, má formação ou desordens vasculares;
- Idade entre 18-50 anos;
- Ausência de coto muito curto impossibilitando a realização do protocolo;
- Ausência de doenças musculoesqueléticas de qualquer etiologia;
- Ausência de neuropatia central e periférica;
- Ausência de doença inflamatória sistêmica;
- Ausência de distúrbios psiquiátricos;
- Alta do programa de reabilitação e usando a prótese há três meses ou mais;
- Possibilidade de comparecer ao hospital para programa de treinamento e/ou avaliação.
- Assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE);

Descrição da casuística dos grupos G1 e G2:

Tabela 1 – Distribuição dos amputados transtibiais unilateral nos grupos G1(experimental) e G2(controle) pela idade, índice de massa corporal (IMC), tempo de amputação em meses (média e desvio-padrão); sexo e lado amputado (frequência).

Parâmetros	G1 (n=17)	G2 (n=14)	P
Idade (anos)	30,5 (8,4)	29,6 (9)	0,8
IMC (kg/cm²)	26,7 (5)	25,3 (4,5)	0,4
Tempo de Amputação (meses)	31,5 (44,3)	23,5 (17,8)	0,8
Homens	13 (77%)	11 (78%)	1,00
Mulheres	4 (23%)	3 (21%)	1,00
Lado amputado direito	7(41%)	6(42%)	1,00
Lado amputado esquerdo	10(59%)	8(57%)	1,00

* *Teste T não pareado* para análise da idade e IMC, *rank sum test* para análise do tempo de amputação e *teste exato de Fisher* - sexo e lado amputado.

Os grupos foram homogêneos em relação aos parâmetros descritivos da amostra. No total dos 31 amputados AT, três (10%) tomavam antidepressivos e cinco

(16%) tomavam medicamentos anti-hipertensivos. A maioria dos pacientes tinham bom nível de amputação transtibial na transição do terço superior da tíbia com o médio¹⁷ (Figura 3). Todos usavam prótese do tipo KBM e em 26 casos (84%) a etiologia da AT foi traumática.



Figura 3: Bom nível de amputação transtibial

3.2 Avaliação

Todos os pacientes incluídos foram avaliados no momento da randomização e oitos semanas após.

O G1 - Experimental realizou oito semanas de treinamento e o G2- Controle voltou para a segunda avaliação após ficar sem orientação para a prática de atividade física. Após a segunda avaliação foi oferecido o treinamento ao G2.

A avaliação constou de anamnese (critérios de inclusão), avaliação clínica funcional, teste ergoespirométrico, dinamometria isocinética dos flexores e extensores do joelho, posturografia estática e dinâmica.

Todas as avaliações foram feitas no Laboratório de Estudos do Movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (LEM-IOT). Os participantes foram orientados a não fazer exercícios e estarem descansadas para as avaliações. Além disso, foram

orientadas a consumir alimentos leves uma hora antes do exame e a se apresentar vestidas adequadamente com camiseta, bermuda ou calção e tênis propício ao teste.

3.2.1 Anamnese

Na anamnese foram coletadas informações demográficas, história clínica e da amputação, uso de medicamentos e antecedentes pessoais.

A avaliação clínica foi feita no início e oito semanas após: pressão arterial, circunferência abdominal, índice de massa corpórea ($IMC = kg/cm^2$) e circunferência de coxa.

3.2.2 Avaliação funcional

- Teste Sentar e Levantar - paciente sentou e levantou de uma cadeira padronizada (40 cm de altura, 45 cm de largura, encosto 90º(graus) e sem braço), cinco vezes, no menor tempo possível, medido em segundos (s) após o comando verbal do avaliador.
- *Time-up and Go Test* (TUGT) - paciente se sentou numa cadeira padronizada (40 cm de altura, 45 cm de largura, encosto 90º(graus) e sem braço), tronco apoiado no encosto, se levantou e caminhou três metros (m) (linha demarcada na sua frente), voltou e sentou na maior velocidade possível, tempo medido em segundos(s), ao comando do avaliador.
- Escada – paciente ficou em frente de uma escada com 15 degraus (15 cm cada degrau). Subiu e desceu na maior velocidade possível medido em segundos (s) (podendo segurar no corrimão se necessário) ao comando do avaliador^{9,25,26}.

Todos os testes foram realizados com um cronômetro pelo mesmo examinador e no mesmo dia, uma única vez, com intervalos de cinco minutos, entre eles.

3.2.3 Dinamometria Isocinética

Foram testados flexores e extensores do joelho direito e esquerdo no modo concêntrico/concêntrico no aparelho Biodex System 3. Foram usadas as velocidades de 60°/s (força muscular) e 240°/s (potência muscular). Os parâmetros avaliados foram: pico de torque absoluto e pico de torque corrigido pela massa corporal em 60°/s medido em Newtons/metros (N/m) e trabalho total em 240°/s medido em Joules (J)^{27,28}.

Previamente ao teste, pedia-se para que os pacientes posicionassem a prótese (para evitar que escape na hora do teste). Faziam aquecimento em bicicleta estacionária Movement Biocycle 2600 Eletromagnetic por cinco minutos. Em seguida, foram posicionados no dinamômetro isocinético sentados. Foram afixados na cadeira por cintos específicos no tórax, pelve e coxa e terço distal da prótese mantendo o quadril e joelho a 90° de flexão, (Figura 4). O eixo da articulação do joelho foi alinhado com o eixo mecânico do dinamômetro. Foi feita a correção da gravidade com o joelho a 120° de flexão. Todos os pacientes foram orientados a segurar nos apoios laterais, durante o teste para melhor estabilização

O teste foi iniciado com a perna não amputada mantendo o membro não avaliado alinhado com o outro membro. Foram feitas duas séries: série 1 - quatro repetições na velocidade de 60°/s (força muscular) e série 2 - 20 repetições a 240°/segundo (potência muscular), com intervalo de 30 segundos entre elas. Durante o teste os amputados recebiam estímulo verbal para manterem a força durante todo o teste.



Figura 4: Posicionamento no dinamômetro isocinético

3.2.4 Ergoespirometria

Foi realizado um teste de esforço em bicicleta ergométrica (Biocycle 2600 Eletromagnetic Moviment, Brasil) utilizando-se o protocolo de Astrand modificado que preconiza velocidade de 60 rotações por minuto (rpm) com aumento progressivo de cargas ²⁹. Cada estágio do teste teve duração de 2 minutos e a carga foi aumentada de 25 em 25 watts (w) de modo escalonado até atingir o esforço máximo. Por se tratar de um teste de esforço máximo, ele foi encerrado pela exaustão física determinada pelos seguintes critérios: (1) alcance do platô ≤ 2.1 ml/kg/min ou pico de VO_2 quando não se verificava platô independente do incremento da carga de trabalho; (2) obtenção mínima de 95% da frequência cardíaca máxima prevista para idade pela equação de Tanaka [208 – (0,7 x idade)]; (3) razão de troca respiratória (RER) ≥ 1.10 ; (4) incapacidade do paciente em manter a velocidade pré-estabelecida de 60 rpm; (5) sensação de cansaço pela escala de Borg ≥ 18 . Todos os indivíduos atingiram, pelo menos, três dos critérios acima mencionados. Após a finalização dos testes os dados foram calculados com intervalos de 30 segundos para evitar a variabilidade dos parâmetros avaliados^{30,31}.

Durante o teste foram registrados o volume consumido de oxigênio (VO_2) por minuto, a produção de dióxido de carbono (VCO_2) por minuto e a razão de troca respiratória ($RER=VCO_2/VO_2$) por meio da ergoespirometria (análise de gases

expirados) utilizando-se analisador metabólico de gases computadorizado (CPX/Ultima, MedGraphics[®], St. Paul, Minnessota, USA). Antes do teste, o volume de fluxo foi quantificado por um pneumotacografo calibrado usando uma seringa de calibração de 3-Litros (Hans Rudolph Inc TM, série 5530, Shawnee, Kansas, USA). Antes de cada sessão de testes, os analisadores de gases foram calibrados de acordo com as recomendações do fabricante. Os analisadores de gases também foram calibrados diariamente com ar ambiente e misturas de gases conhecidas de alta precisão por meio de dois pontos contendo oxigênio (12,1% e 20,9%) e dióxido de carbono (4,96%) balanceados com nitrogênio (ar Liquid TM Co, Brasil).

A potência aeróbia foi classificada como normal entre 85% e 100% do VO_2max predito e atingido no teste considerando a idade, o peso e o nível de aptidão física inicial segundo equação preconizada por Wasserman para bicicleta ergométrica. Valores abaixo de 85% eram considerados anormais. Além disso, foi registrado o eletrocardiograma (ECG) em repouso, durante o exercício e na fase de recuperação utilizando ECG computadorizado de 12 derivações (D_I, D_{II}, D_{III}, AV_r, AV_I, AV_f, V₁, V₂, V₃, V₄, V₅ e V₆) simultâneas (HeartWare[®], BH, Minas Gerais, Brasil) para a verificação da resposta da frequência cardíaca (FC). Também foi determinada a pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) utilizando-se esfigmomanômetro aneróide (Tycos[®], USA).

Os critérios de interrupção do teste foram: pressão arterial diastólica (PAD) acima de 120 mmHg; queda persistente da PAS maior que 10mmHg com o incremento de carga; elevação acentuada da PAS até 260mmHg; distúrbios gastrintestinais; incoordenação motora, sensação de desequilíbrio, manifestação clínica de desconforto torácico exacerbada com o aumento da carga ou associada a alterações eletrocardiográficas de isquemia, ataxia, tontura, palidez, cianose e pré-síncope; confusão; infra desnivelamento do segmento ST de 0,3 mV ou 3 mm; supra desnivelamento do segmento ST de 0,2 mV ou 2 mm; arritmia ventricular; aparecimento de taquicardia paroxística supraventricular sustentada, taquicardia atrial, fibrilação atrial, bloqueio atrioventricular (BAV) de 2° e 3° graus; claudicação progressiva de membros inferiores; e, exaustão de membros inferiores ou exaustão física. Falência importante dos sistemas de monitoração e/ou registro.

A percepção subjetiva de cansaço ao esforço foi quantificada pela escala de Borg de 6 a 20. Durante o transcórpor do teste e com o objetivo de aumentar a motivação, os pacientes receberam encorajamento verbal. Os limiares ventilatórios 1 e 2 (LV1 e LV2) foram determinados de acordo com os seguintes critérios:

- O LV1, foi determinado quando o equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2) e a pressão expirada final de oxigênio (PET_{O_2}) atingiram o valor mais baixo precedido de seu aumento contínuo associado ao aumento abrupto do quociente respiratório ($QR = VCO_2/VO_2$)(primeira inflexão da curva no exercício progressivo). Concomitantemente neste ponto observou-se o aumento da ventilação pulmonar, o aumento da frequência respiratória e platô do volume corrente.
- O LV2 (ou seja, o ponto de compensação respiratória), foi determinado quando o equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2) atingiu o valor mais baixo precedido do seu aumento e a pressão expirada final de dióxido de carbono (PET_{CO_2}) atingiu o valor mais alto precedido de sua redução concomitantemente ao aumento da ventilação pulmonar, aumento da frequência respiratória e platô do volume corrente (segunda inflexão dessas curvas no exercício progressivo). Essas duas variáveis se relacionaram com os resultados de potência acima desse limiar quando a hiperventilação com relação à produção de dióxido de carbono deveria ocorrer^{32,33,34}.

Foram avaliados o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e os limiares ventilatórios 1 e 2 (LV1 e LV2) todos medidos em ml/kg/min, que serviram como parâmetros do treinamento aeróbio dos pacientes^{17,18}. As variáveis analisadas dentro do VO_{2max} (ml/kg/min) encontrado foram: carga em watts (w), frequência cardíaca (FC) e pulso de O_2 (consumo $O_{2(ml/min)}/FC$). Verificou-se também duração do teste e porcentagem (%) da FC predita para o paciente atingida no consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}).

3.2.5 Plataforma de equilíbrio

O equilíbrio estático e dinâmico foi avaliado pelo *Sistema Balance Master*® versão 8.1 (NeuroCom® International, Inc. Clackamas, OR)³⁵. O sistema consiste em uma plataforma de força dupla acoplada a um microcomputador. Os sensores de força

da plataforma medem a força de reação do solo durante a realização de algumas tarefas (Figura 5).

O teste utilizado foi:

- Teste de transferência da posição sentada para de pé (sit-to-stand) que avalia o equilíbrio dinâmico. Mede-se o tempo de transferência do peso corporal em segundos (s) (TTP), força exercida pelos membros inferiores (MMII) quando se levanta (FLMMII) expressa em porcentagem de peso (%), velocidade de oscilação do centro de gravidade (CG) durante a subida medido em graus/segundos ($^{\circ}/s$) (VOCGs) e média de distribuição de carga nos MMII (MDPMMII). O teste foi realizado sobre a plataforma com o indivíduo sentado em um banco (altura de 30 cm) sem encosto, com os joelhos fletidos a 90° , pés afastados 10 cm em relação aos calcâneos e braços mantidos ao longo do corpo, durante todo o teste. Os pacientes foram instruídos para levanta o mais rápido possível de maneira segura quando aparecesse uma bandeira verde na tela a sua frente. Foram realizadas três repetições do movimento com 30 segundos (s) de intervalo entre elas.

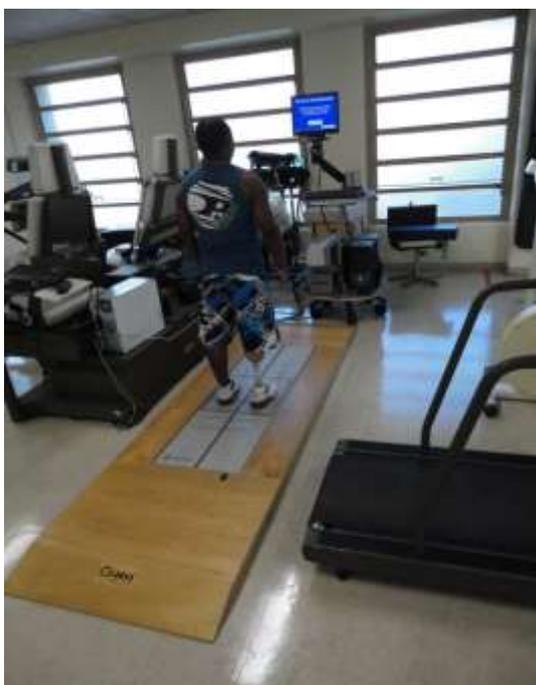


Figura 5: Sistema Balance Master para avaliação do equilíbrio estático e dinâmico.

3.3 Treinamento

Após a avaliação, o grupo experimental (G1) passou por um treinamento de oito semanas, três vezes por semana.

O treino foi feito na academia do Laboratório de Estudos do Movimento (LEM) do IOT-HC- FMUSP.

3.3.1 Treinamento resistido

O treino de musculação foi feito com o uso da prótese.

Foram usados os equipamentos: “*leg-press*” unilateral (extensores do joelho) (Figura 6), cadeira flexora unilateral (flexores do joelho), panturrilha unilateral (flexores plantares), supino reto (peitorais), puxador alto (estabilizadores da escápula), desenvolvimento ombro (abdutores do ombro), extensão lombar (extensores da coluna lombar), abdominal (abdominais) e cadeira adutora (adutores do quadril) .

Foram realizadas três séries de dez repetições de cada exercício.

Foi usada 60% da carga máxima nos membros superiores. Nos membros inferiores será usada 80% da carga máxima conseguida pelo membro amputado no teste de uma repetição com a resistência máxima (1RM). As cargas foram reajustadas a cada duas semanas de treino por repetição máxima^{36,37,38,39}. A evolução de carga será feita em porcentagem, comparando carga inicial com a carga final do treinamento resistido.

Todos passaram por duas sessões de treino resistido para adaptação dos movimentos e intimidade no manuseio dos aparelhos de musculação.



Figura 6: Realização do exercício resistido “*leg press*” unilateral

3.3.2 Treinamento aeróbio

Após o treinamento resistido, paciente realizou 20 minutos de treinamento aeróbio intervalado na mesma bicicleta ergométrica usada no teste ergoespirométrico (Figura 7): três minutos na carga (*watts*) no LV1 (estímulo mais leve) e dois minutos na carga (*watts*) no LV2 (estímulo intenso), obtidas na ergoespirometria (Figura 8). Foi usado frequencímetro (Polar F1) durante todo treinamento aeróbio para controle da intensidade do exercício^{40,41,42}.

Foram feitos exercícios de flexibilidade para membros inferiores e superiores antes e depois do treinamento.



Figura 7: Treinamento aeróbio feito na bicicleta ergométrica

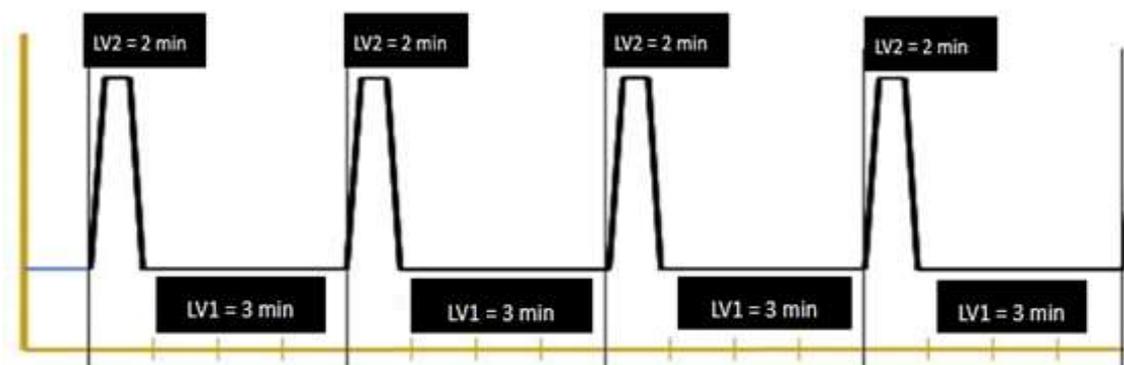


Figura 8: Esquema de uma sessão de treino intervalado de 20 minutos na relação 2:3.

3.4 Análise estatística

Foram usados média e desvio padrão das variáveis numéricas e frequência de eventos das variáveis categóricas e nominais.

A evolução da carga dos exercícios propostos no treino resistido foram representadas em percentual (%).

A análise inferencial foi feita pelo método de *Wilcoxon Sign Rank* (não paramétrico e pareado) ao se comparar os mesmos indivíduos de cada grupo pré e pós intervenção.

As comparações das variáveis de sexo e lateralidade foram feitas pelo teste de *Fisher*.

O teste T não pareado (paramétrico) foi usado para compararmos a idade e o índice de massa corpórea por ter tido uma distribuição normal nestes itens.

O *Rank Sum test* (não paramétrico) foi usado apenas na análise do tempo da amputação.

Ainda nos testes com significância foi calculado o efeito do tratamento segundo coeficiente de *Cohen*⁴³. O tamanho do efeito do treinamento é dado pelo índice *d* *Cohen*: insignificante ($d < 0,19$), pequeno ($d = 0,20-0,49$), moderado ($d = 0,50-0,79$), grande ($d = 0,80-1,29$) e muito grande ($d > 1,30$).

Após o cálculo amostral, considerou-se p de alfa de 5% e o poder de estudo de 80%. Foi usado o programa estatístico STA v14 (*StataCorp 2015, Stata Statistical Software: Release 14. College Station, TX, StataCorp LP*).

4 RESULTADOS

Os resultados mostram a comparação entre o Grupo Experimental (G1) e Grupo Controle (G2) e o tamanho do efeito do treinamento no G1.

Após a intervenção, o G1 mostrou melhora nos parâmetros da avaliação clínica (Tabela 2) e o tamanho do efeito na circunferência da coxa foi grande (Tabela 3).

Tabela 2- Comparação das variáveis (média e desvio padrão) da avaliação clínica dos grupos G1 e G2.

Avaliação Clínica	G1(n=17)			G2(n=14)		
	Pré	Pós	<i>p</i>	Pré	Pós	<i>p</i>
PAS	124,5 ± 18,1	117,3±13,2	0,001	119,6 ± 11,7	122,2±12	0,007
PAD	75,8±13,9	71,9±12,3	0,006	73,2±6,5	75,6±6,3	0,008
IMC	26,7 ± 5,0	26,3± 4,3	0,255	25,3 ± 4,5	26,9 ± 4,3	0,007
Abdominal	92,5± 16,6	90,6± 15,0	0,028	83,9± 14,6	87,4± 15,3	0,006
Dif. Coxa LNA/ LA	3,9± 1,8	2,05 ± 1,2	0,003	5,2 ± 2,3	5,3± 2,2	0,82

Wilcoxon Sign Rank $p < 0,05$. G1: grupo experimental; G2: grupo controle sedentário; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; IMC: índice de massa corpórea; Abdominal: medida de circunferência abdominal; Dif. Coxa LNA/LA: diferença entre as medidas de circunferência de coxa no lado não amputado (LNA) e amputado (LA).

Tabela 3 - Tamanho do efeito do treinamento no grupo G1 na diferença circunferência da coxa.

Avaliação clínica	<i>Cohen's d</i>	95%IC
Diferença circunferência coxa	1,17	0,43 -1,9

Os valores são apresentados como média ± 95% e pelo intervalo de confiança (IC).

Após a intervenção, o G1 mostrou melhora nos testes da avaliação funcional (Tabela 4) e o tamanho do efeito foi grande em todas as variáveis da avaliação funcional (Tabela 5).

Tabela 4- Comparação dos testes de avaliação funcional (em segundos) dos grupos G1 e G2.

Avaliação funcional	G1 (n=17)			G2 (n=14)		
	Pré	Pós	p	Pré	Pós	p
Sit to stand (s)	9,6 ± 1,8	6,9 ± 2,3	0,0003	10,8 ± 1,6	11,1 ± 1,7	0,08
TUGT(s)	8,2 ± 2,2	6,1 ± 1,1	0,0003	9,2 ± 1,2	10,2 ± 1,2	0,007
Escada (s)	18,4 ± 7,5	12,8 ± 4,8	0,0003	18,3 ± 5,6	18,9 ± 6,4	0,008

Wilcoxon Sign Rank $p < 0,005$. G1: grupo experimental; G2: grupo controle sedentário; *Sit to stand*: teste sentar-se e levantar; TUGT: *Time-up and go test*; Escada: teste de subir e descer escada. Os dados estão em segundos.

Tabela 5 - Tamanho do efeito do treino no grupo G1 nas variáveis da avaliação funcional.

Avaliação funcional	<i>Cohen's d</i>	95%IC
Sit to stand	1,28	0,53 - 2,01
TUGT	1,18	0,44 - 1,90
Escada	0,89	0,17 - 1,59

Os valores são apresentados como média ± 95% e pelo intervalo de confiança (IC); *Sit to stand*: teste sentar-se e levantar; TUGT: *Time-up and go test*; Escada: teste de subir e descer escada.

Após a intervenção, o G1 mostrou melhora nos testes de dinamometria isocinética a 60°/s (Tabela 6) e a 240°/s (Tabela 7) e o tamanho do efeito foi de grande a muito grande nos dois testes (Tabela 8).

Tabela 6- Comparação da avaliação dinamometria isocinética na velocidade de 60°/s (força) dos grupos G1 e G2(pico de torque em *newtons metro*).

Dinamometria Isocinética 60°/s	G1(n=17)			G2(n=14)		
	Pré	Pós	<i>p</i>	Pré	Pós	<i>p</i>
Pico de torque (PT) (Nm)						
Extensão						
PTLA	53,7± 34,3	111,1± 45,6	0,0003	34,9 ± 16,0	36,8± 15,1	0,03
PTNA	176,09± 55,06	191,7± 55,8	0,005	163,1± 45,1	165,8 ± 51,8	0,15
Delta	69,9± 12,5	40,7± 20,0	0,001	75,3± 10,2	74,8± 10,4	0,29
PTCLA	74,5±44,0	153,5± 66,1	0,0003	51,5± 33,3	56,8±32,7	0,006
PTCNA	234,4±55,5	249,4± 76,7	0,04	229,4± 83,5	232,2± 85,1	0,26
Flexão						
PTLA	36,3± 21,5	69,5±21,5	0,0003	29,4± 15,7	33,3± 15,8	0,03
PTNA	75,3± 26,2	94,1± 32,0	0,001	66,2± 27,3	70,9± 29,1	0,02
Delta	50,2 ±22,3	25,3 ±18,3	0,003	58,6±16,3	54,5 ± 13,4	0,13
PTCLA	51,2± 26,7	98,9± 35,5	0,0003	40,4±21,7	44,3± 23,3	0,04
PTCNA	102,5± 26,1	127,9± 25,8	0,001	90,4± 50,4	93,8± 50,2	0,02

Wilcoxon Sign Rank $p < 0,05$. G1: grupo experimental; G2: grupo controle sedentário; PTLA: pico de torque lado amputado; PTNA: pico de torque não amputada; Delta: pico de torque diferença entre membros; PTCLA: pico de torque corrigido pelo peso corporal lado amputado; PTCNA: pico de torque corrigido pelo peso corporal não amputada.

Tabela 7- Comparação da avaliação do trabalho total (TT) (*joules*) na velocidade de 240°/s (potência) dos grupos G1 e G2(dinamometria isocinética).

Dinamometria Isocinética 240°/s	G1(n=17)			G2(n=14)		
	Pré	Pós	<i>p</i>	Pré	Pós	<i>p</i>
Trabalho total (TT) (J)						
Extensão						
TTLA	426,4±262,8	765,2±366,8	0,0007	226,6±223,2	225,5±222,5	0,03
TTNA	1316,0±508,6	1438,6±453,9	0,04	1033,2±348,3	1031,7±347,8	0,31
Delta	67,8±14,4	42,7±20,0	0,0005	78,8±20,2	78,7±20,2	0,58
Flexão						
TTLA	229,8±171,7	423,32±212,8	0,0003	171,2± 138,4	169,7±138,2	0,07
TTNA	640,3±215,4	728,2±238,5	0,005	533,3±267,3	535,4±266,1	0,04
Delta	65,7±22,9	38,6±21,9	0,0004	71,9±17,3	71,3±16,1	0,07

Wilcoxon Sign Rank $p < 0,05$. G1: grupo experimental; G2: grupo controle sedentário; TTLA: trabalho total lado amputado; TTNA: trabalho total não amputada; Delta: trabalho total diferença entre membros.

Tabela 8- Tamanho do efeito do treinamento no G1 nas variáveis da dinamometria isocinética.

Dinamometria Isocinética 60°/s(PT)	Cohen's d	95%IC
PTLA (extensão)	1,53	2,30 - 0,80
PTLA (flexão)	0,97	1,70 - 0,25
PTCLA (extensão)	1,50	2,25 - 0,72
Dinamometria Isocinética 240°/s(TT)		
TTLA (extensão)	1,06	1,80 - 0,33
Delta (extensão)	1,53	2,30 - 0,75
TTLA (flexão)	1,00	1,71 - 0,30
TTNA (flexão)	0,40*	1,06 - 0,30

Os valores são apresentados como média \pm 95% e pelo intervalo de confiança (IC); PTLA: pico de torque lado amputado; PTCLA: pico de torque corrigido pelo peso corporal lado amputado; TTLA: trabalho total lado amputado; TTNA: trabalho total não amputado; Delta: trabalho total diferença entre membros. * Único item com efeito pequeno

Após a intervenção, o G1 mostrou melhora nos testes de ergoespirometria na bicicleta estacionária (Tabela 9) e o tamanho do efeito foi grande nas variáveis estudadas (Tabela 10).

Tabela 9- Comparação da avaliação de ergoespirometria no esforço máximo e suas variáveis dos grupos G1 e G2.

Ergoespirometria no esforço máximo	G1(n=17)			G2(n=14)		
	Pré	Pós	p	Pré	Pós	p
VO2max	25,3 \pm 6,0	30,9 \pm 7,0	0,0007	27,8 \pm 4,1	26,7 \pm 4,3	0,006
FCmax	178,9 \pm 13,7	187,6 \pm 10,4	0,023	174,3 \pm 16,7	175,1 \pm 16,7	0,252
W	139,1 \pm 40,8	179,4 \pm 33,3	0,002	156,4 \pm 51,6	156,7 \pm 50,6	0,853
PO ₂	10,4 \pm 3,2	12,5 \pm 3,4	0,0006	11,2 \pm 3,4	10,5 \pm 2,3	0,002
DT	10,2 \pm 3,1	13,2 \pm 2,8	0,003	11,3 \pm 3,7	10,2 \pm 2,2	0,002
%FCP	95,0 \pm 5,9	100,8 \pm 5,3	0,004	92,5 \pm 9,8	91,8 \pm 8,9	0,05

Wilcoxon Sign Rank $p < 0,05$; G1: grupo experimental; G2: grupo controle sedentário; VO2máx: consumo máximo de oxigênio no esforço máximo (ml/kg/min); FCmax: frequência cardíaca máxima atingida no esforço máximo; W: watts (carga) no esforço máximo; PO₂: pulso de O₂ no esforço máximo; DT: duração do teste ergométrico; %FCP: porcentagem da frequência cardíaca máxima predita.

Tabela 10- Tamanho do efeito do treinamento no grupo G1 nas variáveis da ergoespirometria no esforço máximo

Ergoespirometria		
no esforço máximo	Cohen's d	95%IC
VO2max	0,90	1,56 - 0,16
W	1,08	1,80 - 0,35
DT	1,00	1,71 - 0,30
%FCP	1,01	1,72 - 0,30

Os valores são apresentados como média \pm 95% e pelo intervalo de confiança (IC); VO2máx: consumo máximo de oxigênio no esforço máximo(ml/kg/min); W: watts (carga) no esforço máximo; DT: duração do teste ergométrico; %FCP: porcentagem da frequência cardíaca máxima predita

Após a intervenção, o G1 mostrou melhora na avaliação da plataforma de equilíbrio com o teste sit to stand (Tabela11) e o tamanho do efeito foi grande na variável velocidade de oscilação do centro de gravidade em graus por segundo (VOCGs) (Tabela 12).

Tabela 11- Comparação da avaliação da plataforma de equilíbrio dos grupos G1 e G2.

Plataforma de Equilíbrio	G1(n=17)			G2(n=14)		
	Pré	Pós	p	Pré	Pós	p
TTP (s)	0,31 \pm 0,2	0,22 \pm 0,5	0,01	0,47 \pm 0,2	0,47 \pm 0,3	NS
FLMMII	28,5 \pm 7,8	32,8 \pm 8,2	<0,001	31,6 \pm 7,3	31,4 \pm 8,3	NS
VOCG (s)	5,8 \pm 1,3	6,7 \pm 0,7	<0,001	5,3 \pm 1,5	5,2 \pm 1,3	NS
MDPMMII	14,6 \pm 10,4	9,3 \pm 8,1	<0,001	14,1 \pm 6,9	14,3 \pm 6,7	NS

Wilcoxon Sign Rank $p < 0,05$; G1: grupo experimental; G2: grupo controle sedentário; TTP (s): tempo de transferência de peso em segundos; FLMMII: força exercida pelos membros inferiores para se levantar; VOCG(s): velocidade de oscilação do centro de gravidade em graus por segundo; MDPMMII: média da descarga de peso entre os membros inferiores.

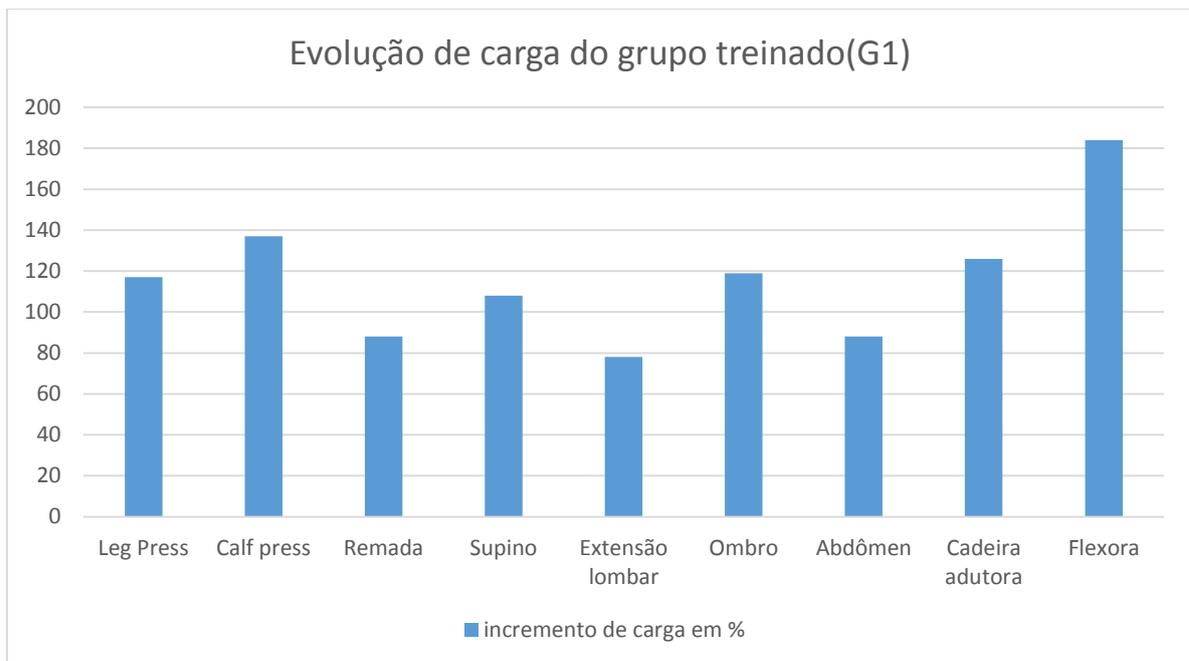
Tabela 12- Tamanho do efeito do treinamento no grupo G1 na velocidade de oscilação do centro de gravidade da plataforma de equilíbrio

Plataforma de Equilíbrio	Cohen's d	95%CI
VOCG (s)	0,90	1,60 0,15

Os valores são apresentados como média \pm 95% e pelo intervalo de confiança (IC); VOCG (s): velocidade de oscilação do centro de gravidade em graus por segundo.

A evolução de carga no treinamento resistido (Gráfico 1) mostra resultados satisfatórios, principalmente nos membros inferiores, no grupo G1.

Gráfico 1- A evolução de carga dos exercícios resistidos do grupo treinado (G1).



A evolução de carga dos exercícios resistidos foi expressa em percentual (%). Comparou-se a carga inicial com a carga final do treinamento resistido. G1: grupo experimental (treinamento).

5 DISCUSSÃO

A amputação transtibial (AT) é considerada um bom nível para a protetização, mas traz consequências pela diminuição do nível de atividade física e capacidade funcional dos pacientes^{1,5,6}. O treino concorrente de oito semanas propiciou mudanças significativas nos pacientes com AT com melhora da força, equilíbrio e resistência aeróbia e mostra que os programas de reabilitação precisam ser mais abrangentes e se preocupar com a melhora da condição física dos amputados, após a protetização, para que possam ter uma vida sem limitações.

O efeito do sedentarismo pode ser visto na casuística deste estudo, que mesmo constituída por pacientes jovens com média de idade de $30 \pm 8,7$ anos com amputações traumáticas (84%), usando prótese há seis ou mais meses (81%), já mostravam sobrepeso (61% com uma média de $IMC \geq 26$), aumento da pressão arterial (41% da amostra), da circunferência abdominal (48%) e hipotrofia muscular acentuada nas duas coxas (100%), evidenciando uma condição funcional deficiente⁴⁴.

Na avaliação inicial, observou-se que a maioria dos parâmetros clínicos e funcionais avaliados estavam abaixo da condição esperada para a idade e sexo, limitando o uso adequado das próteses. O custo metabólico da marcha nos AT é próximo do limite fisiológico máximo da população normal com 22% de redução da velocidade, evidenciando a necessidade de um treinamento específico para o uso da prótese^{2,3,7}.

Após o treinamento de oito semanas, houve diminuição da pressão arterial, circunferência abdominal e da diferença de circunferência entre as duas coxas, mostrando o efeito benéfico de um programa de treinamento, mesmo de curta duração.

Houve ganhos grandes no efeito do treinamento em todos os testes funcionais aplicados (TUGT ($d= 1,18$), sentar e levantar ($d= 1,28$) e escada ($d= 0,89$)). O menor efeito foi visto no teste de escada, possivelmente pela necessidade de um treinamento mais específico e maior dificuldade relativa da tarefa para AT^{45,46}. No G2, grupo-controle, houve piora do desempenho nos testes de escada, sentar e levantar e TUGT mostrando que o sedentarismo pode agravar a perda funcional nas AT.

A condição muscular dos AT foi avaliada pela circunferência da coxa e pela dinamometria isocinética dos flexores e extensores do joelho na velocidade de força (60°/segundo) e potência/resistência (240°/segundo). Ambas medidas mostravam deficiência muscular antes do treinamento. Os pacientes com AT não tinham condições de suportar o peso do corpo na perna amputada, pela deficiência do torque corrigido pela massa corporal. A fraqueza da musculatura flexora e extensora do joelho prejudica a suspensão e mobilidade da prótese, assim como a velocidade, cadência e tamanho do passo, aumentando o gasto energético durante a marcha^{8,27}.

Na avaliação inicial, havia hipotrofia muscular (>3 cm diferença entre as coxas do lado amputado e não amputado) e torque máximo extensor (velocidade de 60°/segundo) suficiente para sustentar apenas metade da massa corporal do paciente. A deficiência da condição muscular torna evidente a limitação para ortostatismo e marcha. Após o treinamento, houve ganho de força extensora (109%) e flexora (92%), melhorando a capacidade de sustentação do corpo, com diminuição da diferença entre as duas coxas. Houve, também, melhora da potência e resistência avaliadas na velocidade de 240°/segundo, com ganho de 79,5% dos extensores e 85% dos flexores^{47,48}.

O treinamento para força muscular dos membros inferiores foi unilateral para a equiparação dos dois lados, onde o lado não amputado fez a mesma carga que o lado amputado - 80% de 1RM. A hipotrofia do lado amputado é muito significativa, com diferença de três centímetros entre o lado amputado e não amputado e de 65% no torque isocinético dos extensores do joelho. O treinamento proposto foi eficiente para equilibrar os dois membros. Houve melhor desempenho na distribuição de força na plataforma de equilíbrio no movimento de sentar e levantar. Estes resultados são concordantes com Song em 2012⁵³, Lee em 2009⁵⁴, Adamson em 2008⁵⁵ e Carroll em 2006⁵⁶ que mostraram que o treino unilateral é efetivo para o aumento de força contralateral, causado pelo efeito cruzado. O grupo G2 não apresentou mudanças na tentativa da equiparação de força quando reavaliados.

A condição muscular nos pacientes com AT é essencial para o sucesso da protetização, indicando de forma inequívoca a necessidade de um programa de fortalecimento muscular como base para o programa de reabilitação. A força muscular é uma das aptidões mais importantes para a independência do ser humano e é fundamental para os pacientes amputados^{49,50}.

Os resultados mostram que um programa de curta duração, com cargas moderadas, duas vezes por semana promoveu uma melhora significativa da condição de força, potência e resistência muscular, essencial para melhorar a funcionalidade e independência dos AT.

O treinamento concorrente (TC) de oito semanas, que incluiu, além dos exercícios resistidos, os exercícios aeróbios intervalados, trouxe uma grande melhora da resistência aeróbia do grupo G1, com aumento de 24% no VO_2 max. Estes dados são concordantes com os de Boutcher em 2011⁵¹ e Kessler em 2012⁵² que mostraram que o treino aeróbio intervalado, realizado de duas a 15 semanas melhora o VO_2 máx de 4% a 46%. O treino de força costuma contribuir para a melhora da capacidade aeróbia, daí a grande melhora da aerobiose do grupo treinado.

O treinamento concorrente (TC) proposto foi ideal para as necessidades dos AT pelo ganho de força muscular, resistência cardiorrespiratória e equilíbrio, aptidões necessárias para melhora da independência. Houve uma modificação no perfil funcional dos pacientes (melhor desempenho no teste ergoespirométrico: aumento no tempo do teste, elevação da frequência cardíaca e aumento do pulso de O_2) com o período de treinamento concorrente de oito semanas (3 sessões semanais com 40 minutos de duração cada uma)⁴⁶. Importante frisar, que o TC não precisa usar equipamentos caros e sofisticados, mas apenas halteres, bicicletas ergométricas estacionárias e/ou espaço para caminhadas controladas, promovendo importantes mudanças fisiológicas e funcionais aos que realizam. Os bons resultados do treinamento concorrente estão diretamente relacionados à avaliação inicial e monitorização do progresso, sempre buscando o máximo rendimento dentro da capacidade individual de cada paciente⁵⁷.

O treinamento concorrente mudou o perfil de resistência aeróbia dos AT, enquanto o grupo sem treino não mostrou melhora alguma nos aspectos de força, resistência muscular, clínico e funcional, contrariando a afirmativa da literatura que o uso diário da prótese é suficiente para melhorar o condicionamento físicos dos pacientes⁵⁸. A limitação do sistema cardiorrespiratório pode ser central (débito cardíaco e concentração de O_2 arterial) e/ ou periférica (diferença arteriovenosa e metabolismo tecidual) e nos AT há diminuição funcional do aparelho locomotor, com diminuição do transporte de oxigênio e função muscular⁵⁹.

Outra das aptidões prejudicadas nos AT é o equilíbrio postural, principalmente pela perda de massa muscular do membro amputado, destacando-se o quadríceps⁶⁰. No teste de sentar e levantar na plataforma de equilíbrio, o grupo treinado mostrou diminuição do tempo de transferência do peso corporal, aumento da força dos membros inferiores durante a elevação e melhor distribuição de cargas entre os membros inferiores amputados e não amputados, na comparação antes e depois do treinamento. A variável velocidade de oscilação do centro de gravidade durante a elevação aumentou após o treinamento, dado controverso, pois maior oscilação significa maior instabilidade e risco de quedas, mas também, pode estar relacionada com o aumento da massa muscular e maiores limites de oscilação, porém dentro dos limites de estabilidade^{61,62}.

Todas as melhoras promovidas pelo TC nos AT contribuem para melhor desempenho funcional, diminuição de fadiga e menor risco de queda, exceto pela maior velocidade de oscilação do centro de gravidade. Nas avaliações clínicas sentar e levantar, TUGT e escada houve redução do tempo de execução, mostrando um melhor desempenho relacionadas com as atividades de vida diária. O grupo não treinado não teve alteração em nenhum dos parâmetros analisados em todos os testes realizados.

A hipotrofia muscular é a característica mais evidente nos AT e está diretamente relacionada com: desuso (cirurgia); dor local (condição do coto); perdas proprioceptivas e senescência (perda 20% massa muscular entre 25-60 anos de idade)⁶. Pedrinelli em 2004²⁷ refere que as alterações causadas do desuso são semelhantes às do envelhecimento fisiológico. O grupo dos músculos isquiotibiais é o mais atingido pela hipotrofia nas AT, principalmente pela diminuição da amplitude de flexão do joelho durante a marcha.

No treino resistido, quando comparamos as cargas iniciais com as cargas após oito semanas de treinamento, observa-se melhora de evolução de 180% nos isquiotibiais e 120% no quadríceps. Nos demais grupos musculares, a evolução foi mais que 80%. O aumento da carga dos exercícios resistidos se associa com melhor desempenho na dinamometria isocinética, da potência aeróbia, nas avaliações funcionais e da perimetria de coxa, resultados concordantes com a literatura, que preconiza que o ganho de força muscular é o grande propulsor de mudanças significativas nas pessoas com perfil fragilizado^{46,49,50,63}.

No presente estudo, o tamanho do efeito do treinamento nos parâmetros da dinamometria isocinética foi grande e muito grande, variando de 1,2 a 2,0. O tamanho do efeito também foi grande na perimetria da perna amputada e nos resultados dos testes funcionais (sentar e levantar e TUGT). Gentil em 2017⁴⁷ e Moinrenfeld em 2000²⁸ referem que o treino de força melhora os parâmetros isocinéticos na velocidade de 60°/s. Lamas em 2007²⁰ e Dias em 2005³⁶ afirmam que oito semanas de treino de força é suficiente para causar hipertrofia. Já Salmela em 2003⁴² e Carvalho em 2018⁴⁹ mostram que o treino concorrente é eficaz nas avaliações funcionais dos pacientes muito fragilizados.

Nos demais parâmetros, mesmo com o menor tamanho do efeito, os resultados foram considerados satisfatórios, pela mudança referida no dia a dia pelos pacientes: maior agilidade e menos fadiga na marcha com a prótese.

Não houve diferença de desempenho e evolução funcional durante o tratamento entre os amputados de etiologia traumática e vascular. Mateus em 2012¹⁶ relata que o desempenho funcional pode ser influenciado por vários fatores: nível de amputação (coto curto ou longo), tempo de protetização, capacidade funcional do amputado e idade. Não se observou, no grupo atual, nenhuma limitação para a prática de atividade física, permitindo afirmar que um programa de atividade física moderado pode ser recomendado para amputados transtibiais de qualquer etiologia com segurança e eficácia.

Fisher em 2017⁴⁶ refere que programas de atividade física com 60 minutos, duas vezes por semana, com exercícios multi-articulares são capazes de promover melhora da saúde de indivíduos fragilizados. Jarvis em 2017⁶⁴ mostra que a reabilitação abrangente é mais eficiente para melhorar a marcha que próteses e dispositivos sofisticados. Jorge, em 2009³, refere que o treino de força nas doenças musculoesqueléticas é melhor que os tratamentos convencionais de fisioterapia, por este recrutar menos de 40% das fibras musculares durante os exercícios.

Os dados do presente estudo mostram, com muita clareza, que há necessidade de um programa de condicionamento físico dos pacientes AT após a fase de protetização, para que possam ter um desempenho funcional adequado. A marcha com prótese demanda mais energia que a marcha normal e, portanto, necessita de um treinamento de força, potência e equilíbrio^{3,6,7,65}. Kent em 2017⁵⁸ relata que o AT melhora progressivamente seu desempenho com o uso da prótese, dado não

observado no estudo atual, pelo baixo grau de condicionamento físico visto em indivíduos que estavam usando a prótese há seis ou mais meses.

O treino concorrente em poucas semanas propiciou mudanças significativas nos amputados, mudando exponencialmente o perfil de força, equilíbrio e resistência, contrastando com os achados de Coffey em 2017⁶⁶, que comenta que o TC prejudica a força e hipertrofia. Na fase de protetização, percebemos, que a terapia convencional se mostra ineficiente para um bom desenvolvimento das valências físicas estudadas em nosso protocolo. Os centros de reabilitação teriam que repensar a maneira de tratar os AT, com a inclusão do treinamento concorrente durante e após a protetização⁶⁷.

Neste estudo, poderíamos ter testado o TC com outros métodos de reabilitação confrontando assim dois métodos ativos. Na pesquisa confrontamos um método ativo com um passivo para mostrarmos que somente a fisioterapia de protetização não é suficiente para uma boa função nos ATU (é o que a maioria dos centros realizam), assim como, somente o uso da prótese, não consegue melhorar a condição física do paciente. O número de pacientes poderia ter sido maior para aumentar a confiabilidade do estudo, mas as dificuldades sociais de comparecimento impediram que pudéssemos aumentar a amostra.

No futuro tentaremos cruzar o treinamento concorrente com outro, ou mais, método ativo e aumentar o número de participantes em cada grupo para maior credibilidade do estudo.

6 CONCLUSÃO

O treinamento concorrente de oito semanas foi eficaz na melhora da capacidade funcional em pacientes com ATU. Portanto o TC é uma boa opção para melhorar o desempenho funcional em ATU e contribuir para o aprimoramento da reabilitação nos grandes centros especializados em amputação.

7 ANEXO

Anexo 1: Avaliação clínica para critério de inclusão dos pacientes

Nome _____ RegistroHC _____

R.G _____ Nascimento _____ Tel _____ Nivel de amputação _____

Data amputação _____ Protetização _____ Prótese atual _____

Medicamentos pré _____ Medicamentos pós _____

Doenças pré-existentes _____

Estatura ___m Massa corpóreo : Pré ___kg Pós ___kg

Cintura pré: 1- ___cm 2- ___cm 3- ___cm

Cintura pós: 1- ___cm 2- ___cm 3- ___cm

PA pré: 1- ___mmHg 2- ___mmHg 3- ___mmHg

PA pós: 1- ___mmHg 2- ___mmHg 3- ___mmHg

Equilíbrio pré: 1- ___/___/___ 2- ___/___/___

Equilíbrio pós: 1- ___/___/___ 2- ___/___/___

Isocinético- Pré: ___/___/___ 2- ___/___/___

Ergoespirometria- Pré: ___/___/___ Pós: ___/___/___

Capacidade funcional:

Pré- Sit- to- stand ___s Get up and go ___s Escadas ___s

Pós- Sit- to- stand ___s Get up and go ___s Escadas ___s

Perímetro da coxa:

Direita- Pré: _____ Pós: _____

Esquerda- Pré: _____ Pós: _____

8 REFERÊNCIAS

1. Pastre C M. Fisioterapia e Amputação Transtibial. Arq Cien Saúde 2005; 12(2):120-24.
2. Velzen J M. Physical capacity and walking ability after lower limb amputation: a systematic review. Clinical Rehabilitation 2006;20: 999-1016.
3. Gaspar AP, Ingham SJN, Chamlian TR. Gasto energético em paciente amputado transtibial com prótese e muletas. Acta Fisiátrica 2003;10(1):32- 4.
4. Carvalho T. Posição Oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte: atividade e saúde. Rev Bras Med Esp 1996; 2:1-3.
5. Figoni S F. Esportes para amputados. In: Amatuzzi M M, Greve J M, Carazzato. Reabilitação em Medicina do Esporte. 1ª ed. São Paulo: Roca; 2004.p.285-296.
6. Pedrinelli A, Teixeira W J. Atividade Física nas Amputações e Anomalias Congênitas. In: Gorgatti M G, Costa R F. Atividade Física Adaptada. Qualidade de vida para pessoas com necessidade especiais.3ª ed. São Paulo:Manole;2013.p.186-219.
7. Matos E .Atividade Física com o Paciente Amputado. In: Pedrinelli A.Tratamento do Paciente com Amputação. 1ª ed. São Paulo: Roca; 2004.p.243-249.
8. Palma R C, Jucá S H. Avaliação Funcional dos Pacientes com Amputação. In: Pedrinelli A. Tratamento do Paciente com Amputação. 1ª ed.São Paulo: Roca; 2004.p.173-180.

-
9. Chamliam T R, Melo A C O. Avaliação Funcional de Pacientes Amputados dos Membros Inferiores. *Acta Fisiátrica*.2008;15(1):49-58.
10. Bussmann JB, Schrauwen HJ, Stam HJ. Daily physical activity and heart rate response in people with a unilateral traumatic transtibial amputation. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:430-4.
11. Cooper R A. Populações Específicas de Pacientes. In: Frontera W R, Dawson D M, Slovik D M. *Exercício Físico e Reabilitação*.1ª ed. Porto Alegre:Artemed; 2001.p.373-394.
12. Bosser G. Exercise training for lower limb amputees. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique* 2008; 51:50-56.
13. Chin T, et al. Effect of endurance training program based on anaerobic threshold for lower limb amputees. *J Rehab Research and Development* 2001; 38: 7-11.
14. Wetterhahn KA, Hanson C, Levy CE: Effect of participation in physical activity on body image of amputees. *Am J Phys Med Rehabil* 2002; 81: 194-201.
15. Rodrigues DN, Mussi RFF, Almeida CB. Atividade física na promoção da saúde de amputados. *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires* 2014;19(191).
16. Mateus JPA. A atividade física em amputados transtibiais [Dissertação]. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias; 2012.

17. Manual Técnico de Prescrição de Órteses, Próteses Ortopédicas não Implantáveis e Meios Auxiliares de Locomoção - Diretrizes Para a Perícia Médica. Diretoria de Saúde do Trabalhador Outubro/2017. 615.477.2 I597 Instituto Nacional do Seguro Social. Manual sobre Prescrição de Órteses, Próteses Ortopédicas não Implantáveis e Meios Auxiliares de Locomoção. – Brasília, 2017. 74 p.:il.
18. Paulo CA, Souza EO, Laurentino G, Ugrinowitsch C, Tricoli V. Efeito do treinamento concorrente no desenvolvimento da força motora e da resistência aeróbia. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte* 2005, 4(4):145-154.
19. Lemos LFC, Pranke GI, Mastella ADF. O treinamento concorrente: Uma breve revisão acerca dos seus métodos e resultados em prol da saúde. *Revista Biomotriz* 2007; 1(1): 101-111.
20. Lamas L, Ugrinowitsch C, Tricoli V. Treinamento de força máxima x treinamento de potência: alterações no desempenho e adaptações morfológicas. *Revista Brasileira de Ed. Física e Esporte* 2007;4(21):331-40.
21. Bucci M, Vinagre EC, Campos GER, Curi R, Pithon TC. Efeitos do treinamento concomitante hipertrofia e endurance no músculo esquelético. *R. bras. Ci e Mov* 2005; 13(1): 17-28.
22. Pedreiro RCM, Rimes RR. Efeito fisiológico agudo do treino concorrente. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício* 2015; 14(1): 44-49.
23. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2012 ;26(8):2293-307.

24. Tsitkanou S, Spengos K, Stasinaki AN, Zaras N, Bogdanis G, Papadimas G, Terzis G. Effects of high-intensity interval cycling performed after resistance training on muscle strength and hypertrophy. *Scand J Med Sci Sports* 2017;27(11):1317-1327.
25. Anjos DMC, Araújo IL, Barros VM, Pereira DAG, Sirineu D. Functional capacity assessment in aged diabetic patients. *Fisioter Pesq.* 2012;19(1):73-8.
26. Barduzzi GO, Rocha Júnior PR, Souza Neto JC, Aveiro MC. Functional capacity of elderly with osteoarthritis who undergone to aquatic and land physical therapy. *Fisioter Mov.* 2013;26(2):349-60.
27. Pedrinelli A. Avaliação Isocinética dos Pacientes com Amputação Transtibial. In: Pedrinelli A. Tratamento do Paciente com Amputação. 1ª ed. São Paulo: Roca; 2004.p.181-190.
28. Moirenfeld I. Isokinetic strength and endurance of the knee extensors and flexors in transtibial amputees. *Prosthetics and Orthotics International* 2000;24:221-25.
29. Astrand PO, Rodahl K. Textbook of work physiology. *Physiological Bases of Exercise.* 3º ed. New York: McGraw-Hill Book Company; 2003.
30. Neto TLB, Tebexreni AS, Tambeiro VL. Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo* 2001; 11(3): 695-705.
31. Skinner JS, McLellan TH. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport* 1980;51(1):234-48.

- 32.Reinhard, U., Muller, P., and Schmulling, R. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration* 1979; 38:36-42.
- 33.James, N., Adams, G., and Wilson, A. Determination of the anaerobic threshold by ventilatory frequency. *Int J Sports Med* 1989; 10(3): 192-196.
- 34.Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol* 1955; 8: 73-80.
- 35.Balance Master System 8.1. Operator's Manual. NeuroCom^R International, Inc. July 16, 2003.
- 36.Dias RMR, Cyrino ES, Salvador EP. Impacto de 8 semanas de treino com pesos sobre força muscular de homens e mulheres. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 2005;11(4):224-28.
- 37.Chacra WK. Diabetes melito. In: Vaisberg M, Rosa LFB, Mello MT. O exercício como terapia médica. 1^o ed.São Paulo: Artes Médicas; 2005. p. 100-111.
- 38.Jorge RT, Souza MC, Jones A, Lombardi Júnior I, Jennings F, Natour J. Treinamento resistido progressivo nas doenças musculoesqueléticas crônicas. *Rev. Bras. Reumatol* 2009; 49(6):726-34.
- 39.Ramalho RO, Henrique G, Filho M, Lúcio M, Rodrigues M, et al. O teste de 1 RM para predição da carga no treino de hipertrofia e sua relação com número máximo de repetições executadas. *Brazilian Journal of Biometricity* 2011; 5(3): 168-174.

40.Hood MS, Little JP. Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(10):1849-56.

41.Hottenrott K, Ludyga S, Schulze S. Effects of high intensity training and continuous endurance training on aerobic capacity and body composition in recreationally active runners. *J Sports Sci Med*. 2012;11:483-488.

42.Teixeira-Salmela LF, Silva PC .Musculação e condicionamento aeróbio na performance funcional de hemiplégicos crônicos. *Acta Fisiátrica* 2003; 10(2): 54-60.

43.Cohen J. Statistical power analysis. *Current Directions in Psychological Science*. 1992b; 1(3): 98-101.

44.Rezende FAC, Rosado LEFPL. Índice de Massa Corporal e Circunferência Abdominal: Associação com Fatores de Risco Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol* 2006; 87(6) : 728-734.

45.Nogueira LV, Neto MS, Silva MO, Nogueira MS. Estudo comparativo entre os tipos de exercícios na diabetes tipo 2. *Revista Unilus Ensino e Pesquisa* 2012; 9, (17):6-11.

46.Fisher JP, Steele J, Gentil P, Giessing J4, Westcott WL. A minimal dose approach to resistance training for the older adult; the prophylactic for aging. *Exp Gerontol* 2017; 1(99):80-86.

47. Gentil P. Isokinetic Dynamometry and 1RM Tests Produce Conflicting Results for Assessing Alterations in Muscle Strength. *J Hum Kinet.* 2017 Mar 12;56:19-27.
48. Aquino CF. A Utilização da Dinamometria Isocinética nas Ciências do Esporte e Reabilitação. *R. bras. Ci. e Mov.* 2007; 15(1): 93-100.
49. Carvalho LP, Pion CH. Effect of a 12-week mixed power training on physical function in dynapenic-obese older men: does severity of dynapenia matter? *Aging Clin Exp Res* 2019; 31(7):977-84.
50. Yoon DH. Effects of Resistance Exercise Training on Cognitive Function and Physical Performance in Cognitive Frailty: A Randomized Controlled Trial. *J Nutr Health Aging* 2018;31(8):944-951.
51. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity* 2011: 1-10.
52. Kessler HS. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Medicine* 2012;42(6):489-509.
53. Song Y. Effects on Contralateral Muscles after Unilateral Electrical Muscle Stimulation and Exercise. *Plos one* 2012; 7(12):1-14.
54. Lee M. Unilateral strength training increases voluntary activation of the opposite untrained limb. *Clinical Neurophysiology* 2009;120: 802–808.
55. Adamson M. Unilateral arm strength training improves contralateral peak force and rate of force development. *Eur J Appl Physiol* 2008;103(5):553-59.

56. Carroll TJ. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol* 2006; 101: 1514–1522.
57. Tricoli V. Treinamento físico: considerações práticas e científicas. *Rev Bras Educ Fís. Esporte* 2011;25:53-65.
58. Kent JA, Stergiou N, Wurdeman SR. Dynamic balance changes within three weeks of fitting a new prosthetic foot component. *Gait Posture* 2017;58:23-29.
59. Caputo F, Oliveira MFM, Greco CC. Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2009; 11(1):94-102.
60. Nardone A, Schieppati M. The role of instrumental assesment of balance in clinical decision making. *Eur J Maturitas Phys Rehabil Med.* 2010; 46(2): 221-37.
61. Laughton CA. Aging, muscle activity and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait Posture* 2003; 18(2):101-8.
62. Özyürek S, Demirbüken İ, Angın S. Altered movement strategies in sit-to-stand task in persons with transtibial amputation. *Prosthet Orthot Int* 2014 ;38(4):303-9.
63. Barbanti VJ, Tricoli V, Ugrinowitsch C. Relevância do conhecimento científico na prática do treinamento físico. *Rev. paul. Educ. Fís* 2004;18:101-09.

64.Jarvis HL, Bennett AN. Temporal Spatial and Metabolic Measures of Walking in Highly Functional Individuals With Lower Limb Amputations. Arch Phys Med Rehabil 2017;98(7):1389-1399.

65.Chamlan TR, Angrisani PG. Avaliação do padrão postural e marcha de pacientes amputados vasculares transtibiais protetizados.. Acta fisiátrica 2013;20 (4):207-12.

66.Coffey VG, Hawley J A. Concurrent exercise training: do opposites distract? J Physiol. 2017 ;595(9):2883-289.

67.Bragaru M, Dekker R, Geertzen JH, Dijkstra PU. Amputees and sports: a systematic review. Sports Med. 2011 1;41(9):721-40.