



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**YURI AMORIM BRUNO**

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA COM OCLUSÃO DE FLUXO  
SANGUÍNEO SOBRE A HIPERTROFIA MUSCULAR: UMA REVISÃO DE  
LITERATURA**

Palhoça  
2016

**YURI AMORIM BRUNO**

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA COM OCLUSÃO DE FLUXO  
SANGUÍNEO SOBRE A HIPERTROFIA MUSCULAR: UMA REVISÃO DE  
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação de Educação Física da  
Universidade do Sul de Santa Catarina, como  
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel  
em Educação Física.

Orientador: Prof. Leonardo De Lucca, Msc

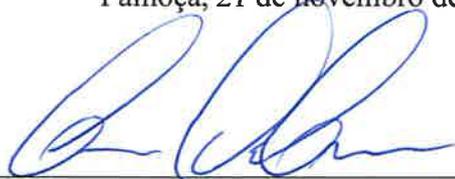
Palhoça  
2016

**YURI AMORIM BRUNO**

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA COM OCLUSÃO DE FLUXO  
SANGUÍNEO SOBRE A HIPERTROFIA MUSCULAR: UMA REVISÃO DE  
LITERATURA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Educação Física e aprovado em sua forma final pelo Curso de Educação Física da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 21 de novembro de 2016



---

Leonardo de Lucca (MsC)  
UNISUL



---

Bruno Monteiro de Moura (MsC)  
UFSC-Centro de Desportos



---

George Roberts Piemontez (MsC)  
UNISUL

## RESUMO

Atualmente para se obter ganhos de força e hipertrofia muscular a intensidade de treinamento prescrita situa-se entre 70% - 85% de 1RM. Como uma nova alternativa o treinamento com oclusão vascular ou também conhecido como “Kaatsu Training envolve a aplicação de pressão nas extremidades proximais dos membros superiores ou inferiores. Diferentemente do treinamento de força tradicional, as cargas utilizadas no Kaatsu Training são em torno de 30% de uma repetição máxima (1RM). O objetivo deste estudo é investigar, através de uma revisão da literatura atual os efeitos do treinamento de força com baixa intensidade, associado à oclusão vascular para ganhos de hipertrofia e força muscular. As bases de dados utilizadas foram Scielo, BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações), Portal Domínio Público, Google, e Biblioteca da UNISUL Campus Pedra Branca. Os estudos selecionados deveriam ser publicados em Português e Inglês, sem limite de data, conduzidos em humanos. Para tal busca, palavras chave como *Treinamento de força*, *Kaatsu Training*, *Oclusão vascular* e suas respectivas traduções foram combinadas. Tendo como critério de inclusão primeiramente estudos que comparassem os efeitos do treinamento resistido de baixa intensidade com alguma forma de restrição de fluxo sanguíneo do treinamento de força convencional. Em segundo lugar, foi considerado que as populações analisadas teriam que ter características basais semelhantes (por exemplo, tanto destreinado como treinado), de modo que possa ser obtidas medidas de resultados validos. E por ultimo, as medidas dos resultados tinham que incluir, pelo menos, uma medida de força ou hipertrofia muscular. O presente estudo possui como critério de exclusão, os estudos que não detalharam os métodos utilizados corretamente, ou estudo que não tinham medido hipertrofia e força muscular. A importância deste trabalho de conclusão de curso é de desmistificar assuntos sobre esta área, levando em conta que estudos recentes mostram que o treinamento resistido com restrição moderada do fluxo sanguíneo pode induzir ao mesmo aumento do volume muscular quando comparado com exercícios de alta carga de treinamento. Sendo indicado para pessoas com algum tipo de lesão, podendo ter os mesmos ganhos musculares com cargas menos intensas.

Palavras-chave: Kaatsu Training; Oclusão Vascular; Hipertrofia Muscular;

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO TEMA E PROBLEMA.....	7
1.2 OBJETIVO GERAL.....	8
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.4 JUSTIFICATIVA.....	9
<b>2. MÉTODO.....</b>	<b>10</b>
2.1 TIPO DE PESQUISA.....	10
2.2 COLETA/ANÁLISE DE DADOS.....	10
2.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	11
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
3.1 BENEFÍCIOS DO TREINAMENTO DE FORÇA.....	13
3.2 TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO À OCLUSÃO VASCULAR PARCIAL (TFOV).....	13
3.3 BENEFÍCIOS DO TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO OCLUSÃO VASCULAR PARCIAL (TFOV).....	14
3.3.1 GANHOS DE HIPERTROFIA MUSCULAR.....	15
3.3.2 GANHOS DE FORÇA MUSCULAR.....	16
3.4 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AO TREINAMENTO DE FORÇA COM OCLUSÃO DO FLUXO SANGUÍNEO.....	17
3.4.1 RECRUTAMENTO DE FIBRAS MUSCULARES.....	19
3.4.2 RESPOSTAS HORMONAIS.....	19
3.5 MÉTODOS DE TREINAMENTO.....	20
3.6 EFEITOS EM DIFERENTES POPULAÇÕES.....	22
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA.....	12
FIGURA 2 - RELAÇÃO ENTRE VOLUME DE EXERCÍCIO/UNIDADES MOTORAS E A SÍNTESE DE PROTEÍNAS.....	18
FIGURA 3 - DADOS DE 1 RM NOS EXERCÍCIOS DE LEG PRESS E EXTENSÃO DE JOELHOS.....	21

## LISTA DE TABELAS

TABELA	1	-	PROTOCOLOS	DOS	TREINAMENTOS	DE	
FORÇA.....							21

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO TEMA E PROBLEMA

O exercício resistido é indicado para o aumento da força muscular e hipertrofia. Para Bossi (2003) o exercício resistido era muito contestado, de todas as formas, devido à visão desportista do levantamento olímpico e ao culturismo, que é a musculação de competição. Nas últimas décadas, a quantidade de trabalhos na área vem mostrando credibilidade, sendo uma das principais atividades físicas para os professores de Educação Física na área de preparação desportiva em todos esportes, na área de fisioterapia na reabilitação de pacientes, na área médica com a profilaxia de várias doenças e complicações físicas, entre elas a obesidade, diabetes e cardiopatias.

Hipertrofia segundo Santarém (1995), é o aumento na área de secção transversa da fibra muscular devido ao acúmulo de substâncias contráteis, actina e miosina, e de substâncias não contráteis, principalmente glicogênio e água, no sarcoplasma das fibras musculares.

Para o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2009) a intensidade do exercício deve estar entre 70%-85% de 1RM para ganhos de hipertrofia e acima de 85% para ganhos de força máxima. Contudo, o treinamento com altas cargas absolutas nem sempre é aplicável, pois alguns indivíduos não são capazes de suportar o estresse mecânico gerado sobre as articulações. Desta forma, surge o treinamento de força com oclusão vascular, também chamado “*Kaatsu Training*”, como possível alternativa de treinamento (LOENNEKE et al., 2011).

O treinamento de força com oclusão vascular ou também conhecido como “*Kaatsu Training*” foi desenvolvido pelo cientista e fisiculturista japonês Yoshiaki Sato na década de 60, e desde então, tem sido utilizado como estratégia para estímulos nos ganhos de força e hipertrofia muscular desenvolvidos em conjunto com outras atividades como caminhadas, ciclismo e treinamento resistido. (TANIMOTO; MADARAME; ISHII, 2005).

O método envolve a aplicação de pressão nas extremidades proximais dos membros superiores (como a inserção distal do músculo deltóide) ou inferiores (prega inguinal), e para gerar esta oclusão venosa (diminuição parcial ou total do fluxo sanguíneo nos vasos). Podem ser utilizados torniquetes, bolsa pneumática (como os manguitos utilizados nos aparelhos de mensuração da pressão arterial) e elásticos (similares ao teraband). (TANIMOTO; MADARAME; ISHII, 2005)

O mais interessante é que neste tipo de treinamento é que os resultados encontrados para os ganhos de força e hipertrofia muscular sugerem a ação de outros mecanismos de adaptação muscular, diferentemente daqueles relacionados ao treinamento de força tradicional. Tal fato ocorre porque, as cargas utilizadas no Kaatsu Training (KT) são em torno de 30% de uma repetição máxima (1RM), o que é muito abaixo das recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM) e de outros protocolos de treinamento para programas que objetivam força e massa muscular. (TANIMOTO, MADARAME, ISHII, 2005).

Durante os seus primeiros estudos, Sato procurou identificar qual a tensão e materiais ideais a fim de provocar a isquemia necessária para a promoção destes efeitos. Uma vez encontrados, em 1994 o método foi patenteado e recebeu seu nome atual. (Sato, 2005)

Sendo assim, sujeitos com alguma restrição para treinamentos de intensidade moderada à alta poderiam obter os benefícios do aumento de força e hipertrofia realizando um exercício de baixa intensidade sem grande estresse mecânico.

Desta forma, o surge questão problema: Quais os efeitos do treinamento de força com oclusão de fluxo sanguíneo sobre a hipertrofia muscular?

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo é investigar os efeitos do treinamento de força com oclusão de fluxo sanguíneo sobre a hipertrofia muscular.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o método de treinamento de força com oclusão de fluxo sanguíneo.
- Apontar os benefícios do treinamento resistido associado à oclusão de fluxo sanguíneo.
- Apontar os mecanismos de ganhos de hipertrofia e força muscular com oclusão do fluxo sanguíneo.
- Investigar se exercícios resistidos de baixa intensidade com oclusão vascular aumentariam a capacidade muscular quando comparado ao mesmo exercício sem oclusão.
- Investigar os efeitos de treinamento com oclusão de fluxo sanguíneo em diferentes populações.

#### 1.4. JUSTIFICATIVA

Os estudos encontrados nas bases de dados indicam os mesmos ganhos para treinamentos de alta intensidade sem a restrição de fluxo sanguíneo, comparados ao treinamento de baixa intensidade associado à oclusão vascular parcial, justificando para que ocorra a pesquisa bibliográfica, analisando os principais benefícios e os riscos desse determinado tipo de treinamento e comparando ao treinamento sem a restrição de fluxo sanguíneo.

Acredita-se que a restrição do fluxo sanguíneo durante o exercício de baixa intensidade aumenta a resistência, fosforilação e síntese proteica muscular, além de promover o incremento de sua força, tanto quanto o exercício de resistência convencional com altas cargas. No entanto, o mecanismo celular responsável pelo ganho de força e hipertrofia induzida pela restrição do fluxo sanguíneo (REFR) ainda não são conhecidos completamente. Sugere-se que com a oclusão vascular ocorra um estímulo do metabolismo local, o que por sua vez estimula um subsequente aumento nos fatores de crescimento, recrutamento primário das fibras de contração rápida e síntese proteica aumentada (COSTA et al., 2012)

O Estudo é de extrema importância para desmistificar a ideia de que para o ganho de massa muscular é necessário altas cargas de treinamento. Tendo em vista estudos recentes no qual demonstram que o treinamento com restrição moderada do fluxo sanguíneo pode induzir ao mesmo aumento do volume muscular quando comparado com exercícios de alta carga de treinamento. No entanto, existem artigos em que não encontraram diferenças significativas entre o treinamento de força convencional e o treinamento de força com a oclusão parcial. Por este motivo o presente estudo é de grande relevância para maior conhecimento sobre o treinamento com oclusão de fluxo sanguíneo.

Este tipo de método é de grande importância para a hipertrofia muscular, na mesma proporção do treinamento convencional. Podendo muito bem associar o treinamento de força com oclusão de fluxo sanguíneo, ao treinamento de força para grupos especiais, tendo em vista que não é necessário utilizar cargas elevadas para realização deste método de treino, contribuindo também para o conhecimento humano.

## 2. MÉTODO

### 2.1. TIPO DE PESQUISA

Conforme Andrade (2001) na pesquisa aplicada busca-se transformar em ação resultado do trabalho, oferecendo resultados de valor imediato para profissionais da área. Sendo assim, quanto à natureza este estudo se caracteriza como uma pesquisa aplicada.

Quanto à abordagem é classificada como pesquisa qualitativa. Para Oliveira (1997) a abordagem qualitativa nos leva a uma série de leituras sobre o assunto da pesquisa, descrevendo e relatando o que os autores e/ou especialistas escrevem sobre o assunto e, a partir daí, estabelecer correlações para darmos nosso ponto de vista conclusivo.

Em relação aos objetivos é uma pesquisa exploratória. De acordo com Piovesan e Temporini (1995) a pesquisa exploratória corresponderia a uma visualização da face oculta da realidade. Esta corresponde ao universo de respostas, desconhecido. Esta face seria iluminada pela pesquisa exploratória.

Segundo as bases de dados utilizadas, uma pesquisa longitudinal segundo a coleta de informações, é uma série de dados coletados a um determinado período de tempo. Sendo assim, a coleta de informações será feita em forma de uma pesquisa longitudinal.

Por último, quanto aos procedimentos técnicos o estudo enquadra-se como uma pesquisa teórica bibliográfica. Segundo Santos (2007), a pesquisa bibliográfica utiliza como fontes a bibliografia. São fontes bibliográficas os livros, as publicações periódicas, fitas gravadas de áudio e vídeo, websites, relatórios de seminários/simpósios. A utilização total ou parcial de quaisquer dessas fontes caracteriza a pesquisa como pesquisa bibliográfica.

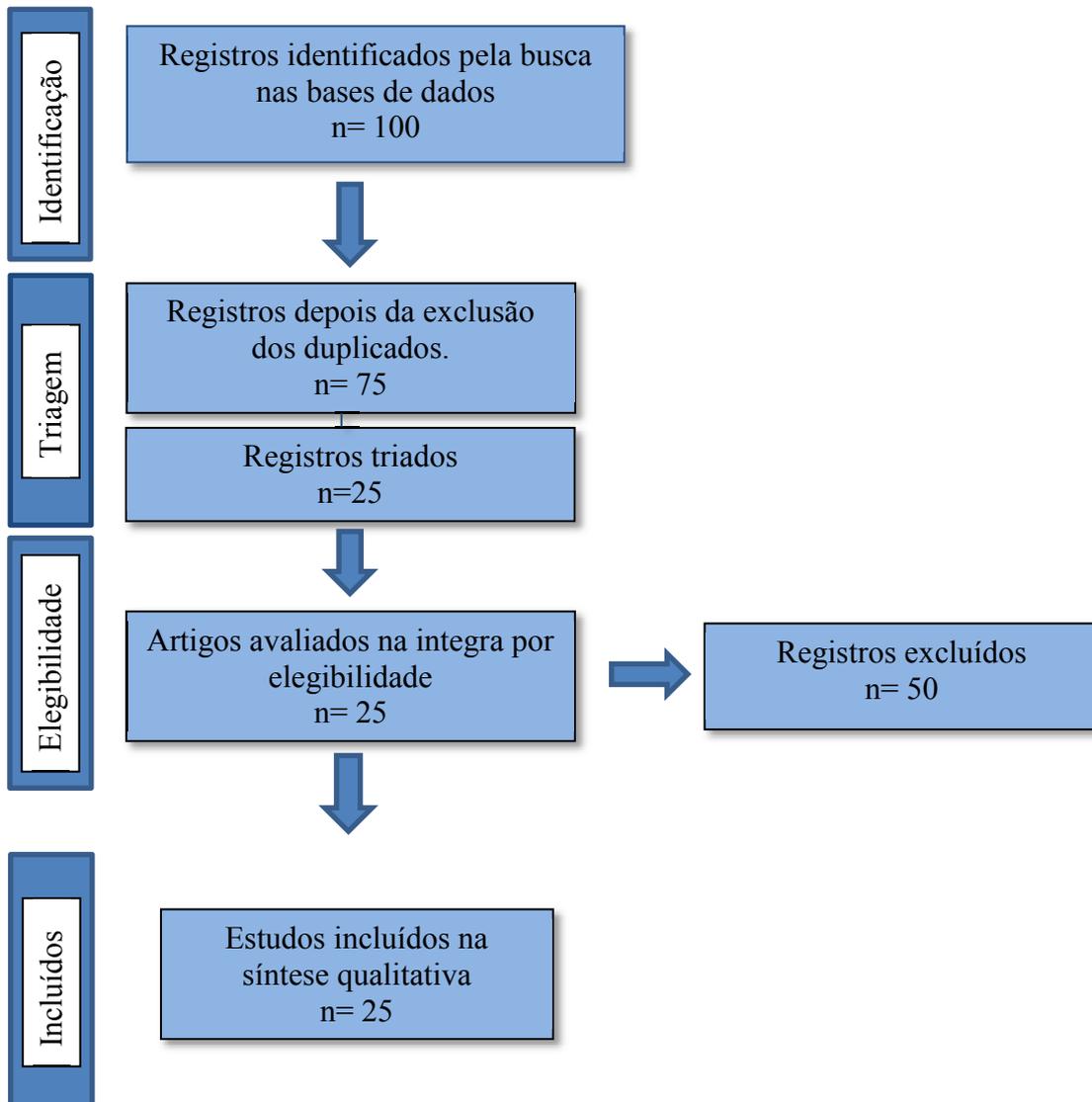
### 2.2. COLETA/ANÁLISE DE DADOS

Para realização da presente pesquisa bibliográfica, foram utilizadas referências sem limite de data sobre o referido tema (Kaatsu Training). O método incluiu estratégia de busca, critérios de inclusão, critérios de exclusão, identificação dos estudos e por fim, os artigos selecionados foram lidos na íntegra e posteriormente analisados para a extração dos dados. As bases de dados utilizadas foram Scielo, BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações), Portal Domínio Público, Google, e Biblioteca da UNISUL Campus Pedra Branca.

### 2.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Os estudos selecionados deveriam ser publicados em Português e Inglês, sem limite de data, conduzidos em humanos. Para tal busca, palavras chave como *Treinamento de força*, *Kaatsu Training*, *Oclusão vascular* e suas respectivas traduções foram combinadas. Em primeiro lugar, foco primário do estudo é de comparar os efeitos do treinamento resistido de baixa intensidade com alguma forma de restrição de fluxo sanguíneo. Em segundo lugar, deve ser considerado que as populações analisadas teriam que ter características basais semelhantes (por exemplo, tanto destreinado como treinado), de modo que possa ser obtidas medidas de resultados validos. E por último, as medidas dos resultados tinham que incluir, pelo menos, uma medida de força ou hipertrofia muscular. Desta forma, foram incluídos estudos encontrados nas bases de dados utilizadas sobre o treinamento com oclusão vascular associada ao exercício resistido de baixa intensidade que estivessem dentro dos pontos citados anteriormente. Como critério de exclusão foi selecionado os estudos em que não detalharam o método corretamente, estudos em que no resultado não citavam resultados para força e hipertrofia muscular, e estudos que não utilizam a intensidade restrita, realizando o exercício resistido com a intensidade maior que 70% de 1RM. Foi realizada a leitura dos títulos para verificar se atendiam aos objetivos do estudo. Em seguida, foram excluídos os artigos em duplicata e foi realizada a leitura dos resumos dos artigos para verificar se atendiam aos critérios de inclusão do presente estudo. Os estudos que atenderam aos critérios de inclusão foram recuperados para leitura do texto completo e nova avaliação quanto aos critérios de inclusão. Por fim, os artigos selecionados foram lidos na íntegra e posteriormente analisados para a extração dos dados. O fluxograma do processo de busca e seleção dos artigos encontrados está apresentado na figura 3.

Figura 1: Fluxograma



### 3. REVISAO DE LITERATURA

#### 3.1. BENEFICÍOS DO TREINAMENTO DE FORÇA

É evidente na literatura específica que a melhora da força muscular promovida pelo treinamento resistido quando realizado de maneira sistemática, independe da idade, quando o volume, a intensidade e a frequência do treinamento são adequados (ACSM, 2009; HAKKINEN, et al).

Segundo Letieri (2012) o treinamento de força é uma atividade amplamente utilizada para melhoria da performance, qualidade de vida e estética.

Armstrong (1984); MacIntyre *et al.* (1995); Clarkson e Hubal (2002) e Raastad *et al.* (2003) (Citado por Letieri 2012) atribuem a hipertrofia como sendo consequência do dano muscular após a realização do protocolo de treinamento de força.

Os diversos mecanismos adaptativos do treinamento de força são específicos ao estímulo aplicado, ação muscular envolvida, velocidade e amplitude do movimento, grupo muscular treinado, metabolismo energético envolvido, intensidade e volume de treinamento (FRONTERA, et al,1988; HAKKINEN *et al.*, 1998; KRAEMER&RATAMESS, 2004 citado por LETIERI, 2012).

A intensidade do exercício é a base para a prescrição de muitos programas de treinamento de força. O Colégio Americano de Medicina do Esporte (Acsm, 2009) recomenda que a sobrecarga mecânica imposta ao músculo para promover o aumento da força e massa musculares deve situar-se entre 70-85% da força dinâmica máxima (1RM).

Segundo Letieri (2012), é conhecido que sessões repetidas do mesmo método de treinamento promovem diminuição da dor muscular tardia e do dano muscular.

#### 3.2 TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO Á OCLUSÃO VASCULAR PARCIAL (TFOV)

Pesquisadores japoneses desenvolveram uma técnica que combina o treinamento de força realizado em intensidades reduzidas (20-50%1RM) com a oclusão do fluxo sanguíneo também conhecido como “KAATSU training”. Estudos têm mostrado que as alterações causadas no ganho de força e massa musculares após um período de treinamento com esta técnica são similares às causadas pelo treinamento de força de alta intensidade ( $\geq 80\%$  1RM) (KARABULUT *et al.*, 2009; KUBO *et al.*, 2006; TAKARADA *et al.*, 2000, citado por LETIERI 2012).

Estudos publicados evidenciam a hipótese de que o treinamento com restrição do fluxo de sangue induz a hipertrofia do músculo esquelético por meio de uma variedade de mecanismos (LOENNEKE *et al*, 2010).

Um dos fatores mencionados é o aumento da secreção de GH provocado pelo treinamento resistido com a oclusão vascular. Este hormônio induziria uma resposta anabólica significativa, semelhante ao obtido com a alta intensidade, podendo chegar a um aumento de 290 vezes comparado com a situação de repouso, atuando assim, no processo de hipertrofia muscular (TAKARADA *et al*, 2000).

No estudo realizado por Letieri (2012) foram divididos três grupos onde consistiam sob a condição de oclusão com baixa intensidade, treino de baixa intensidade sem oclusão e treino de alta intensidade sem oclusão vascular. Ficou evidente que no grupo que treinou sob a condição de oclusão houve dano muscular superior ao treino de baixa intensidade sem oclusão, porém em uma magnitude menor quando comparado ao treino de alta intensidade sem oclusão vascular. (LETIERI, 2012)

Tendo base no estudo de Letieri (2012) com o propósito de melhorar a força muscular e a hipertrofia, parece ser recomendada a utilização da oclusão em treinos de baixa intensidade.

### 3.3. BENEFICÍOS DO TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO À OCLUSÃO VASCULAR PARCIAL (TFOV)

Estudos recentes mostram que o treinamento muscular com restrição moderada do fluxo sanguíneo pode induzir ao mesmo aumento do volume muscular quando comparado com exercícios de alta carga de treinamento. (COSTA *et al*, 2012)

Costa *et al*. (2012) apontam que apesar do uso de carga mecânica baixa, o exercício de baixa intensidade com oclusão sanguínea é uma alternativa eficaz comparado ao tradicional exercício resistido de alta intensidade para melhorar a saúde óssea em homens idosos, sendo um método útil e seguro para reforçar a hipertrofia muscular, além disso, como se trabalha com uma resistência diminuída, esse fato estressa menos a articulação, sobrecarregando-a menos e proporcionando os mesmos benefícios.

Pessoas com lesões ou idosos que podem ser incapazes de sustentar a tensão mecânica necessária para alcançar a falha muscular podem se beneficiar do treinamento resistido com restrição do fluxo sanguíneo. A restrição do fluxo sanguíneo induz a falha muscular mais

rápido (com um volume menor de trabalho) em comparação com o exercício resistido não restrito ao fluxo sanguíneo. (LOENNEKE et al, 2011)

O risco de necrose muscular, trombose e lesão endotelial existem na oclusão vascular total, mas esses eventos não têm sido documentados na oclusão vascular parcial, referida como restrição vascular. Avaliações laboratoriais no treinamento com baixas cargas e restrição vascular não têm indicado alterações patológicas preocupantes, em pessoas jovens e saudáveis. (KARABULUT et al, 2009)

### 3.3.1 GANHOS DE HIPERTROFIA MUSCULAR

O Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM) recomenda levantar um peso pelo menos de 70% de 1RM para atingir hipertrofia muscular e acredita-se que qualquer treinamento abaixo desta intensidade raramente produz crescimento muscular substancial (ACSM 2009). No entanto, numerosos estudos utilizando baixa intensidade de exercício combinado a restrição parcial do fluxo sanguíneo demonstraram ocorrer hipertrofia muscular mesmo com uma intensidade de treinamento tão baixa quanto 20% de 1RM.

Tendo como base os achados de Costa et al. (2012) pode-se afirmar que o exercício de baixa intensidade com oclusão sanguínea é uma alternativa eficaz na indução de hipertrofia muscular, sendo vista como uma nova possibilidade de tratamento, utilizada não só na reabilitação pós-operatória, mas também como programa de treinamento físico orientado para jovens, atletas e idosos saudáveis.

Segundo Takarada et al. (2000) os efeitos do exercício convencional sobre a força e hipertrofia muscular demonstram relação dose-dependente entre intensidade do treinamento e as alterações morfológicas e funcionais associadas ao aumento da produção de força. Por outro lado, os diversos estudos que avaliaram a influência da oclusão vascular parcial nos resultados do treinamento, indicam que, é possível obter adaptações semelhantes ao treinamento convencional mesmo com uso de intensidades relativamente baixas combinado à limitação parcial do fluxo sanguíneo do segmento.

Os autores estudaram o efeito do treinamento de força (TF) de baixa intensidade e restrição do fluxo sanguíneo (TFR) em 24 mulheres próximas aos 60. Durante 16 semanas, as mulheres realizaram três series de flexão de cotovelo unilateral, duas vezes na semana. Divididas em três grupos, 1) O grupo que treinou em alta intensidade (50-80% 1-RM), 2) O grupo que realizou o TFR (30% 1-RM e 138.2 +- 5.8 mmHg de pressão de restrição), e 3) Grupo que realizou o TF de baixa intensidade sem oclusão como grupo controle. A força

dinâmica apresentou aumentos significativos com os treinos de alta intensidade e o TFR. Quanto ao aumento da área de secção transversa dos músculos flexores do cotovelo, bíceps braquial e braquial, os três modelos de treino produziram hipertrofia significativa, entretanto, o TF de alta intensidade e o TFR apresentaram maiores ganhos quando comparado ao TF de baixa intensidade. Em relação às respostas adaptativas, os pesquisadores demonstraram em idosos que o treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo (30% 1-RM) para os flexores do cotovelo produziu um efeito similar comparado ao treinamento de força de alta intensidade (80% 1-RM) nos ganhos de força e hipertrofia muscular. Além disso, o aumento do sinal eletromiográfico, observado nos músculos motores primários, indicou um recrutamento de unidades motoras similares entre o TFR e TFAI. (TAKARADA et al, 2000).

### 3.3.2 GANHOS DE FORÇA MUSCULAR

Assim como Takarada (2000), diversos pesquisadores obtiveram efeitos positivos no treinamento com TFOV em fatores metabólicos e neurais da força e hipertrofia muscular.

Para complementar o estudo de Takarada (2000), os pesquisadores Medeiros, Saldanha e Silva (2013) sugerem que a restrição do fluxo sanguíneo tecidual durante o exercício contra-resistido através da aplicação de um torniquete pneumático no seguimento exercitado, é capaz de promover alterações no padrão de ativação neuromuscular aumentado à demanda metabólica mesmo em exercícios com intensidade reduzida. O achado de maior relevância é o efeito positivo do treinamento de baixa intensidade combinado à oclusão vascular parcial sobre a força e hipertrofia muscular. Mostrando que o treinamento de força com oclusão parcial do fluxo sanguíneo pode promover tais benefícios independentemente da população, das características da oclusão ou do treinamento. Dessa forma, destaca-se a aplicação deste método em pessoas que necessitam exercícios voltados ao aprimoramento da força e massa muscular, mas que não poderiam ser submetidas a altas cargas de treinamento, como idosos e ou portadores de limitações ortopédicas. Contudo os pesquisadores alertam que os riscos da oclusão ao sistema cardiovascular ainda não estão completamente esclarecidos e a utilização do método para essas populações deve ser cautelosa.

Contrapondo os estudos citados anteriormente, Lixandrao (2015) comparou diferentes pressões de oclusão, com intensidades distintas, do treinamento de força convencional (80% 1RM). O pesquisador conclui que os protocolos de treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo, realizados com baixas intensidades de exercício (20% 1RM) parecem se beneficiar com o aumento do nível de pressão de oclusão (80% de pressão de oclusão) no

aumento de massa muscular. No entanto, as adaptações hipertróficas são inferiores aos protocolos de TF convencional. Por outro lado, a pressão de oclusão parece ser secundária nos protocolos de TFOV realizados com maiores intensidades (40% 1RM). O estudo no que diz respeito à força muscular, mostra que todos os protocolos de TFOV testados parecem ser menos eficazes em comparação ao TF convencional, independentemente das diferentes combinações e pressão de oclusão e intensidade de exercício utilizado. De acordo com o autor, é plausível sugerir que os protocolos de TF-RFS utilizem intensidades de exercícios superiores a 20% de 1-RM, visto que estes parecem produzir respostas hipertróficas similares ao TF convencional, independentemente da pressão de oclusão utilizada.

No entanto, praticamente todos os estudos analisados encontraram melhoras significativas independente de características dos sujeitos, da magnitude do estímulo oclusivo ou do protocolo de treinamento utilizado.

#### 3.4 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AO TREINAMENTO DE FORÇA COM OCLUSÃO DO FLUXO SANGUÍNEO

A redução na disponibilidade de oxigênio e substratos energéticos causados pela oclusão exigiria que mais unidades motoras fossem recrutadas para sustentar o déficit na produção de força entre as séries de exercícios (MORITANI *et al.*, 1992; TAKARADA *et al.*, 2000; YAMADA *et al.*, 2004 citado por LETIERI 2012).

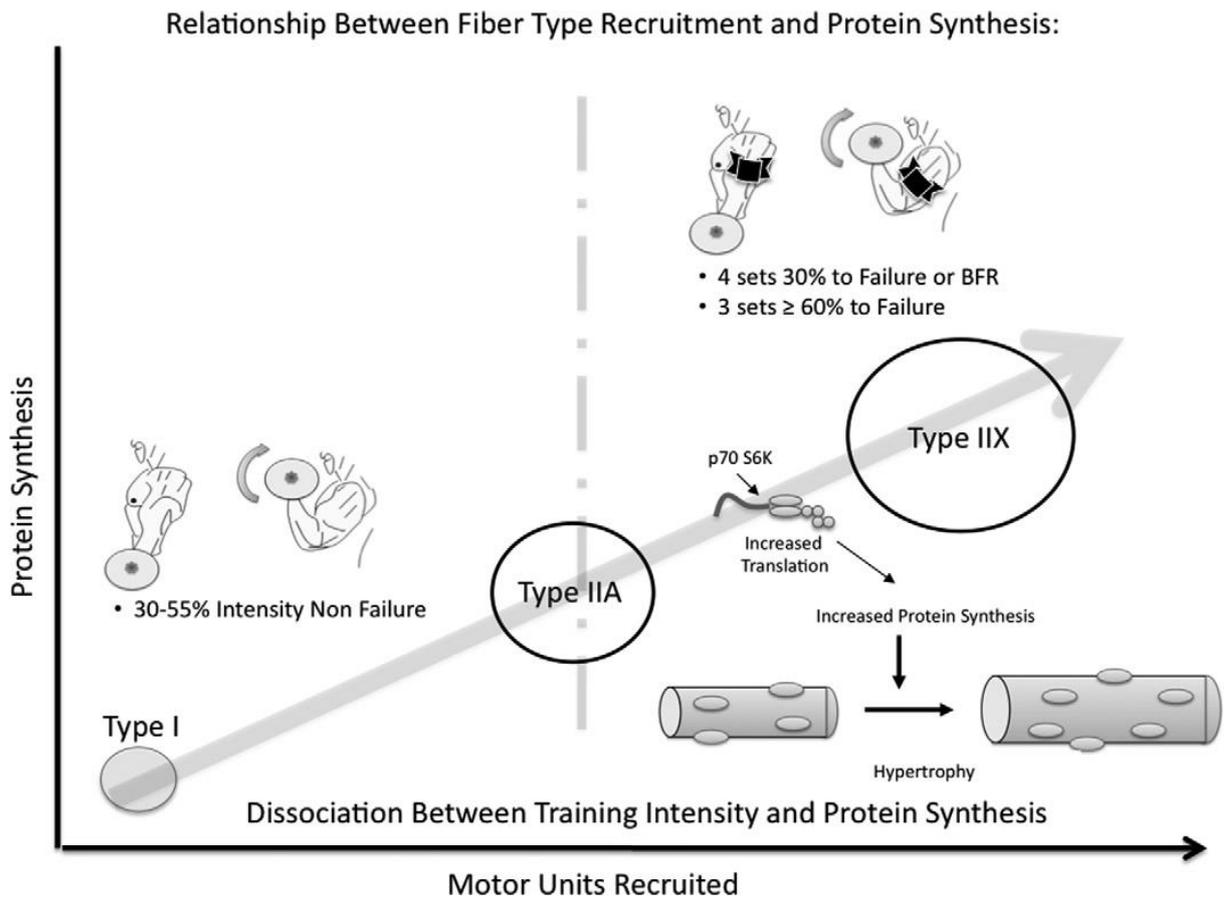
Partindo deste pressuposto, os treinos com oclusão vascular periférica permitem que seja criado um “ambiente anaeróbico” pela ausência de oxigênio e alto acúmulo de metabólitos, o que faz com que o exercício tenha uma intensidade elevada com uma sobrecarga estrutural reduzida (LETIERI, 2012).

A restrição do fluxo sanguíneo durante o exercício de baixa intensidade aumenta a resistência, fosforilação e síntese proteica muscular, além de promover o incremento de sua força, tanto quanto o exercício de resistência convencional com altas cargas. (COSTA *et al.*, 2012).

A maior ativação muscular na condição de oclusão seria consequência do acúmulo de metabólitos durante a execução do exercício, com isso aumentaria a participação de metaborreceptores periféricos que estimulariam a via simpática nervosa muscular. (LETIERI, 2012)

A figura 2 demonstra a relação entre a intensidade do exercício, as unidades motoras recrutadas, e a síntese de proteínas. Como a intensidade aumenta 30-55% de 1RM, unidades

motoras de limiar mais alto são recrutadas. Uma vez que certa intensidade tiver sido atingida, tal como indicado pelo marcador de limiar no centro da figura, ocorrerá a máxima síntese de proteína. Isto ocorre independente da intensidade do exercício, desde que o esforço metabólico e/ou intensidade seja adequada para recrutar o mais alto limiar de unidades motoras. (LOENNEKE, et al, 2011).



Extraída de LOENNEKE, et al (2011).

### 3.4.1 RECRUTAMENTO DE FIBRAS MUSCULARES

Pesquisas indicam que a diminuição do fluxo sanguíneo em exercícios resistidos demonstrou um maior limiar de recrutamento das unidades motoras em exercícios com menor intensidade, provavelmente a partir da redução de oxigênio e acumulação metabólica subsequente. Tanto a redução de oxigênio quanto a acumulação metabólica podem aumentar o recrutamento de fibras musculares. Assim a hipertrofia muscular ocorre independente da intensidade do exercício. (LOENNEKE, et al, 2011).

Complementando o estudo de Costa et al (2012), os pesquisadores Teixeira, Hespanhol e Marquez (2012), explicam que os mecanismos pelos quais a oclusão vascular associada ao treinamento resistido aumentaria a força muscular são associados a maior ativação das fibras musculares do tipo II. Como consequência da oclusão, ocorreria um aumento de metabólitos, estimulando a via simpática nervosa muscular, levando a um acréscimo do recrutamento de unidades motoras compostas de fibras do tipo II, aumentando assim, a força muscular, de forma crônica.

### 3.4.2 RESPOSTAS HORMONAIS

A hipóxia tecidual durante o exercício de baixa intensidade associado à restrição de fluxo sanguíneo promove alterações metabólicas semelhantes às aquelas observadas em atividades de alta intensidade sem oclusão vascular, pois tanto a contração muscular quanto a oclusão dificultam a drenagem de produtos do metabolismo anaeróbio induzindo alteração da atividade EMG e a liberação dos hormônios relacionados à hipertrofia muscular, como hormônio do crescimento, insulina e IGF-I. (MEDEIROS; SALDANHA; SILVA, 2013).

Numerosos estudos usando treinamento resistido combinado com a restrição do fluxo sanguíneo mostrando que esse tipo de método pode induzir a ganhos na hipertrofia muscular. Isso ocorre através de uma variedade de mecanismos, o mecanismo mais citado é o aumento dos níveis do hormônio do crescimento (GH). Acredita-se por muitos pesquisadores que as elevações agudas de hormônios sistêmicos, especificamente GH, desempenham um grande papel hipertrófico no músculo através do treinamento resistido com restrição do fluxo sanguíneo, possivelmente através da síntese de proteínas no músculo. Embora pareça que elevações sistemáticas em hormônios anabólicos não contribuem para a hipertrofia do músculo esquelético, elevações de hormônios localizadas podem. Uma explicação pode ser devido à produção localizada do fator de crescimento mecânico (FCM). FCM é localmente

aumentado em resposta a estímulos mecânicos e danos celulares, proporcionando um mecanismo potencial para a hipertrofia do músculo esquelético. (LOENNEKE, et al, 2011)

### 3.5 MÉTODOS DE TREINAMENTO

O treinamento com oclusão foi combinado com diferentes tipos de exercícios, como por exemplo, extensão de joelho, flexão do joelho, leg press, ciclismo, caminhadas, flexão do cotovelo, supino e em todos eles tem observado aumentos significativos de hipertrofia no músculo. Pouca pesquisa foi feita para identificar quais as variáveis são mais importantes para considerar ao prescrever um programa de treinamento com oclusão vascular ideal. Os equipamentos utilizados são torniquetes, bolsas pneumáticas, halteres, barras, entre outros equipamentos convencionais utilizados no treinamento de força. A duração do treinamento não ultrapassa o tempo de treinamentos de força convencional. Utilizando uma sequência de gradativa, primeiro os grandes grupos musculares para depois os pequenos grupos musculares.

No estudo de Ferraz (2014) foi utilizado um protocolo de treinamento que pode ser visualizado na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Protocolos dos treinamentos de força.

Sessões	Grupo	Número de séries	Número de repetições	% de oclusão	% 1 RM
1 e 2	TFOV	4	15	50	20
	TFB	4	15	-	30
	TFA	4	15	-	50
3 a 8	TFOV	4	15	70	30
	TFB	4	15	-	30
	TFA	4	10	-	80
9	TFOV		Teste de Força de 1-RM		
	TFB		Teste de Força de 1-RM		
	TFA		Teste de Força de 1-RM		
10 a 17	TFOV	5	15	70	30
	TFB	5	15	-	30
	TFA	5	10	-	80
18	TFOV		Teste de Força de 1-RM		
	TFB		Teste de Força de 1-RM		
	TFA		Teste de Força de 1-RM		
19 a 24	TFOV	5	15	70	30
	TFB	5	15	-	30
	TFA	5	10	-	80

TFOV = Treinamento de força de baixa intensidade com oclusão vascular, TFB = Treinamento de força de baixa intensidade, TFA = Treinamento de força de alta intensidade; % oclusão = percentual da restrição de fluxo sanguíneo; % 1RM = % de uma repetição máxima.

A figura 3 a seguir ilustra os dados de 1-RM nos exercícios de leg press e extensão de joelhos.

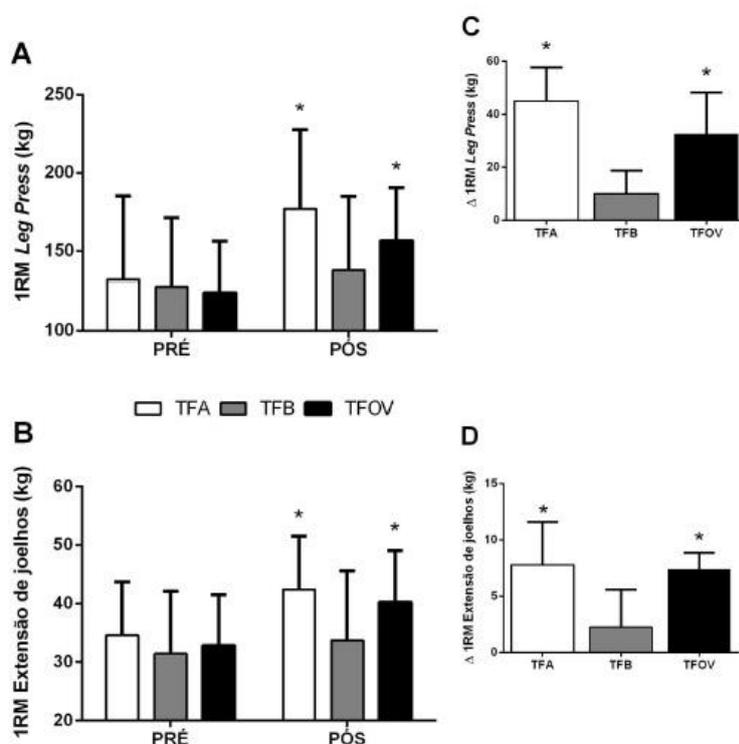


Figura 2 - Valores de força dinâmica máxima(1RM) nos grupos TFA, TFB e TFOV no leg press (Painel A) e na extensão de joelhos (Painel B); Paineis C e D ilustram as mudanças pré/pós nos grupos TFA, TFB e TFOV para o leg press e extensão de joelhos respectivamente.

(FERRAZ, 2014)

Como resultados foram observados aumentos de força (tanto no leg press quanto na extensão de joelhos) e área de sessão transversa (AST) nos três diferentes protocolos de treinamento de força (TF), contudo, estas mudanças foram significativas apenas nos grupos Treinamento de força com alta intensidade (TFA) e Treinamento de força com oclusão vascular (TFOV). Quando confrontados com a literatura existentes, estes resultados se mostram consistentes. Por exemplo, Kubo et al. (2006) encontraram, após 12 semanas, aumentos na força para as pernas de 8% no grupo TFOV (20% de 1-RM) e de 17% no grupo TF alta intensidade (80% de 1-RM), as ASTs do quadríceps aumentaram em 6% no TFOV e 7% no TF de alta intensidade. Em outro estudo, após 8 semanas de intervenção, os ganhos na força na extensão de joelhos foram de 21% no grupo TF baixa intensidade (20% de 1-RM), 40% no TFOV (20% de 1-RM) e de 36% no TF de alta intensidade (80% de 1-RM) sem oclusão; já o aumento na AST do quadríceps foi de 2% no TF de baixa intensidade, 6% no TFOV e 6% no TF de alta intensidade (LAURENTINO et al., 2012).

### 3.6 EFEITOS EM DIFERENTES POPULAÇÕES

O treino com oclusão pode ser utilizado em situações em que o objetivo é evitar a alta carga nas estruturas ligamentares, tendíneas e cartilaginosas.

Comumente o treinamento resistido vem sendo prescrito com intensidade elevada (65% de 1RM) para ganhos de hipertrofia e força muscular. No entanto a alta intensidade nem sempre é possível de ser utilizada, como é o caso de idosos, que normalmente possuem estruturas osteo-articulares mais fracas, impossibilitando a aplicação de uma intensidade dessa magnitude. Idosos que não conseguem treinar com cargas elevadas poderiam se beneficiar com esse tipo de treinamento sem prejuízos articulares. (TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012).

Teixeira, Hespanhol e Marquez (2012) relataram ser evidente a contribuição da baixa intensidade associada à oclusão vascular em diferentes populações já que, a alta intensidade é um fator limitante em alguns grupos como, idosos, indivíduos com patologias que ocasionam perda de massa muscular e atletas em processo de reabilitação de uma determinada lesão. Sendo assim, uma redução no volume do treinamento de força, principalmente pela redução da intensidade, pode ser uma estratégia interessante por promover uma menor sobrecarga na musculatura e nas articulações, diminuindo o número de lesões.

#### **4. CONCLUSÃO**

Com base nesse estudo pode se dizer que o treinamento de força associado à oclusão parcial do fluxo sanguíneo tem efetividade na liberação dos hormônios relacionados à hipertrofia muscular, como hormônio do crescimento, insulina e IGF-I. A redução na disponibilidade de oxigênio e substratos energéticos causados pela oclusão exigiria que mais unidades motoras fossem recrutadas para sustentar o déficit na produção de força. A maior ativação muscular na condição de oclusão seria consequência do acúmulo metabólico e a maior ativação de fibras tipo II durante a contração muscular.

Em conjunto, estes mecanismos parecem propiciar um ambiente favorável para os ganhos de hipertrofia e força muscular.

## REFERENCIAS

ACSM, American College of Sports Medicine. **Manual de Pesquisa**, p. 462-464, 2003.

ACSM. American College of Sports Medicine. (2009). Position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.41, n.3, p.687-708

BOSSI, C. L.. A evolução dos exercícios resistido, **Sprint magazine**. Rio de Janeiro, n. 126, p. 23-25, maio/jun. 2003.

COSTA, Gabriela Perpétua Neves da et al. The effects of partial vascular occlusion on gaining muscle strength. **Acta Fisiatr**, [s.l.], v. 19, n. 3, p.192-197, 2012. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/0104-7795.20120030>.

COSTA, Gabriela Perpétua Neves da et al. The effects of partial vascular occlusion on gaining muscle strength. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, [s.l.], v. 19, n. 3, p.192-197, 2012. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/0104-7795.20120030>.

DRUMMOND, M. J. et al. Human muscle gene expression following resistance exercise and restriction. **Med Sci Sports Exerc**, v 40, n 4, p. 691-8, Apr 2008.

FERRAZ, R. B. A. S. Efeitos do treinamento de força associado a oclusão vascular na dor, força, hipertrofia, funcionalidade e qualidade de vida em pacientes com osteoartrose de joelho. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - **Escola de Educação Física e Esporte**, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2014.

FUJITA, S. et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. **J Appl Physiol**, v. 103, n 3, p. 903-10

KARABULUT, Murat et al. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. **European Journal Of Applied Physiology**, [s.l.], v. 108, n. 1, p.147-155, 18 set. 2009. Springer Science + Business Media. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-009-1204-5>.

KUBO, K. et al. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. **J Appl Biomech**. V. 22, n. 2, p. 112-9, May 2006.

LAURENTINO, G. C. et al. Strength Training with Blood Flow Restriction Diminishes Myostatin Gene Expression. **Med Sci Sports Exerc**, Sep 3 2012.

LETIERI, Rubens Vinícius. **EFEITO AGUDO DO TREINO DE FORÇA COM OCLUSÃO VASCULAR PERIFÉRICA NO PARÂMETRO SANGUÍNEO RELACIONADO AO DANO MUSCULAR**. 2012. p.07-40. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, **Universidade de Coimbra**, Coimbra, 2012.

LIXANDRAO, Manoel Emílio. Efeito de diferentes pressões de oclusão e intensidade de exercício sobre as adaptações morfológicas e funcionais a um programa de treinamento de força. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) - **Escola de Educação Física e Esporte**, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

LOENNEKE, J. P. et al. Potential safety issues with blood flow restriction training. **Scand J Med Sci Sports**, v. 21, n. 4, p. 510-8, 2011.

LOENNEKE, J. P. et al. Blood flow restriction: The metabolite/volume threshold theory. **Medical Hypotheses**, v. 77, p748-752, 2011

LOENNEKE, J. P.; WILSON, G.J.; WILSON, J.M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.31, n.1, p.1-4.

MEDEIROS, Luan de; SALDANHA, Ricardo Pedrozo; SILVA, Eduardo Ramos da. **O treinamento de baixa intensidade associado à oclusão vascular: evidências positivas**. 2013. 183 p, **Universidade de Caxias do Sul**, Caxias do Sul, Rs, Buenos Aires, 2013.

PIOVESAN, Armando; TEMPORINI, EDMÉIA Rita. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Rev. Saude Publica**, Sao Paulo, v. 1, n. 1, p.318-325, 29 abr. 1995.

SANTARÉM, José Maria. **Musculação: princípios atualizados: fisiologia, treinamento e nutrição**. São Paulo: Fitness Brasil, 1995

SATO, Y. The history and future of KAATSU Training. *International Journal of Kaatsu Training Research*. 1-5 p. 2005.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; SATO, Y.; TAKEBAYASHI, S.; TANAKA, Y.; ISHII, N. Effects of Resistance Exercise Combined with Moderate Vascular Occlusion on Muscular Function in Humans. **Journal of Applied Physiology**. Vol. 88. Núm. 6. p. 2099-2100. 2000.

TANIMOTO, M; MADARAME, H; and ISHII, N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between “KAATSU” and other types of regimen. **Int J KAATSU Training Res** 1: 51–56, 2005.

TEIXEIRA, Emerson Luiz; HESPANHOL, Karla Cristine; MARQUEZ, Thomaz Baptista. Efeito do treinamento resistido com oclusão vascular em idosas. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 6, n. 36, p.560-566, nov. 2012.

VECHIN, Felipe. Effects of low load resistance training with partial blood flow restriction in the strength and hypertrophy gains as well as in the muscle satellite cells content in elderly. 2014 Dissertação (Mestrado em Ciências), **Escola de Educação Física e Esporte**, **Universidade de São Paulo**, São Paulo. 2014

YASUDA, T. et al. Venous blood gas and metabolite response to low-intensity muscle contractions with external limb compression. *Metabolism*, v 59, n. 10, p 1510-9, Oct 2010.