
EDUCAÇÃO FÍSICA

LAÍS DE LIMA REIS

**Influência do exercício resistido com restrição do fluxo
sanguíneo sobre a ativação muscular**



Rio Claro
2013

LAÍS DE LIMA REIS

INFLUÊNCIA DO EXERCÍCIO RESISTIDO COM RESTRIÇÃO DO
FLUXO SANGUÍNEO SOBRE ATIVAÇÃO MUSCULAR

Orientador: Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai

Co-orientador: Felipe Bruno Dias de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio
Claro, para obtenção do grau de Bacharela em
Educação Física.

Rio Claro
2013

796.077 Reis, Laís de Lima
R375i Influência do exercício resistido com restrição do fluxo sanguíneo
sobre a ativação muscular / Laís de Lima Reis. - Rio Claro, 2013
26 f. : il. + CD-ROM

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação Física) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Benedito Sérgio Denadai
Coorientador: Felipe Bruno Dias de Oliveira

1. Esportes - Treinamento técnico. 2. Ganho de força. 3. Oclusão
vascular. 4. Treinamento resistido. 5. Efeito crônico. 6. Efeito agudo. I.
Título.

AGRADECIMENTOS

São muitos os agradecimentos que precisam ser deixados aqui, no entanto pontuarei os principais.

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família, principalmente aos meus pais, Maria Clara e José eles me proporcionaram todo suporte necessário para minha formação. Graças à eles e ao esforço que fizeram para que o sonho de uma faculdade pública fosse possível, hoje posso concluir meu curso e concluir esta etapa da minha vida. Além deles, minha irmã Lívia, por ter sido um exemplo a ser seguido, sendo uma das responsáveis por influenciar minha escolha de uma faculdade pública, bem como, batalhar por ela. Cabe lembrar também, avós, avôs, tios, tias e primos que sempre deram o suporte e apoio necessário no decorrer do curso.

Agradeço também, aqueles que me ajudaram de forma direta na produção deste trabalho, principalmente Felipe Bruno de Oliveira e Fernando Cesar Barbosa.

Ao meu professor orientador Dr. Benedito Sérgio Denadai, agradeço ter aceitado me orientar e fornecer todos os recursos e assistências necessários para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que me apoiaram de alguma forma no decorrer deste curso, dentre elas, as que foram minha segunda família convivendo dia a dia na República Pocas e Boas, amigos de sala, professores, entre outros.

RESUMO

O treinamento resistido convencional (TRC) é capaz de gerar respostas musculares conforme o tipo de estímulo fornecido, como, volume e intensidade de treinamento. O TRC resulta em um ganho de força de forma geral. Estudos apontam que esse ganho é devido à uma inicial adaptação neural, seguido por ganhos de hipertrofia. No entanto, estudos que utilizaram TRC associado a restrição do fluxo sanguíneo (RFS) encontraram aumento da hipertrofia e força sem necessariamente detectar aumento da atividade neural. Portanto esta revisão teve como objetivo, levantar dados na literatura que relatem este fato e ainda, especular possíveis esclarecimentos a respeito dessa inversão de respostas.

ABSTRACT

Conventional resistance training (TRC) is capable to generate muscular responses according to provided stimuli, as, training volume and intensity. The TRC results in force gains in general. Studies aim this gain to neural adaptation initially, followed by hypertrophy gains. However, studies that used TRC associated to blood flow restriction (RFS) found rise in force and hypertrophy without necessarily detecting rise in neural activity. Therefore this review had as objective, bring up literature data that report this fact and yet, speculate possible elucidation about this responses inversion.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. ADAPTAÇÃO NEURAL, FORÇA E HIPERTROFIA	8
2.1. Adaptação neural	8
2.2. Hipertrofia.....	9
3. RESTRIÇÃO VASCULAR.....	11
3.1. Adaptação neural	12
3.1.1. Agudo.....	12
3.1.2. Crônico.....	13
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
5. REFERÊNCIAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

O treinamento resistido (TRC), aquele que necessita de uma resistência adicional durante o exercício, proporciona diversos tipos de adaptação na fibra muscular conforme o volume e a intensidade a serem utilizados (FLECK, 1999).

Os ganhos de força através de TRC podem ser devido às adaptações neurais, a qual se refere ao aumento do número e/ou aumento da frequência de ativação de unidades motoras (UM) recrutadas para a realização do exercício (AAGAARD et al. 2002; HAKKINEN et al., 1998). Também, a hipertrofia da musculatura, ou seja, aumento do volume/tamanho da fibra muscular (NARICI et al., 1996).

Em treinamentos resistidos convencionais (TRC), essas adaptações neurais ocorrem logo nas primeiras semanas, já a hipertrofia, começa a ser apresentada 6 semanas após início do treinamento (PHILLIPS, 2000).

No entanto, estudos recentes têm observado que em um novo método de treinamento, denominado KAATSU, essas adaptações podem não ocorrer no padrão convencional de adaptações fisiologias decorrentes do TRC (KARABULUT et al., 2010; ABE et al., 2010).

Este método diz respeito à restrição, através de um instrumento similar a um garrote pneumático, do fluxo sanguíneo, associado a exercícios que utilizam cargas de baixa intensidade (20% 1RM) (KARABULUT et. Al., 2007; MOORE et. al., 2004; KUBO et. al., 2006; TAKARADA, SATO, E ISHII, 2002; TAKARADA et. al., 2000), resultando agudamente em diversas alterações fisiológicas como hipóxia, acúmulo de metabólicos e hormônios (FUJITA et al., 2007; KARABULUT et al., 2011), inchaço celular (LOENNEKE et al., 2012), alterações cardiovasculares como, redução da frequência cardíaca, aumento do volume sistólico e aumento do VO2MAX (PARK et al., 2010; OZAKI et al., 2011), que por consequências geram adaptações fisiologias como, síntese proteica, aumento do recrutamento de fibras de contração rápida (LOENNEKE et al., 2012), diminui a expressão da miostatina, aumento da enzima óxido nítrico sintase, responsável pela conversão L-arginina em óxido nítrico (NO) entre outros (LOENNEKE et al., 2010).

Estudos relatam a não detecção de adaptações neurais logo no início (~ 6 semanas) de treinamento com KAATSU, apenas algum tempo depois, porém, há o relato do surgimento de hipertrofia neste período inicial (MOORE et. al., 2004; KUBO et. al., 2006; TAKARADA , SATO, E ISHII, 2002; YASUDA et al., 2011), diferindo das adaptações neuromusculares esperados para o TR neste período de tempo (KARABULUT et al., 2007), apresentando assim, uma inversão das respostas esperadas. Tendo em vista esta possível inversão, o objetivo dessa revisão é levantar dados de estudos que analisaram reações relacionadas à adaptação neural, já que esta apresenta um comportamento atípico como consequência do método de treinamento KAATSU.

2. ADAPTAÇÃO NEURAL, FORÇA E HIPERTROFIA

2.1. Adaptação neural

Através do TR, uma das respostas obtidas é a adaptação neural, esta adaptação é em resposta à sobrecarga e tem como consequência, um aumento da (SALE 2003).

A adaptação ocorre logo nas primeiras semanas de TRC. Ela consiste numa melhora da ativação das unidades motoras (UM) e aumento da produção de força, que pode ser devido ao aumento da frequência de disparo dos motoneurônios e / ou excitabilidade dos mesmos resultando numa maior ativação da musculatura agonista (SALE 2003). Pode ser também devido à melhora da coordenação da contração muscular entre os músculos sinérgicos (SALE, 1987; SALE, 2003), conferindo uma co-contracção menor dos músculos antagonistas, possibilitando uma contração mais efetiva.

Esta adaptação neural, pode ser decorrente da fadiga muscular (LOSCHER et. al., 1996). Esta por sua vez, resulta numa diminuição do trabalho muscular de determinada unidade motora e com ela, a diminuição da força, por isso, é necessário que haja uma ativação de unidades motoras adicionais a fim de atender a demanda de esforço em determinado exercício (SALE, 1987). Em suma, o aumento da frequência, ativação das UM e menor co-contracção de antagonistas acarretam em um aumento da produção de força (NARICI et. al. 1992; REEVES, NARICI e MAGANARIS, 1994).

Essas UM são recrutadas conforme nível de força e velocidade de contração requisitados, assim, apresentam predominância de recrutamento de fibras tipo I ou II, conforme a característica do exercício (FITTS, MCDONALD e SCHLUTER, 1991)

No TRC de alta intensidade, devido à maior demanda de esforço, as fibras recrutadas são as fibras tipo II, que apresentam unidade motora de maior calibre, alto limiar de ativação, frequência de disparo (contração rápida) e resistência a fadiga. Já no exercício de baixa intensidade, fibras tipo I são recrutadas, pois são de menor calibre, limiar de ativação, frequência de disparo (contração lenta) e resistência a fadiga (MACDOUGALL et. al, 1980; HENNEMAN et. al., 1965).

Devido à característica do exercício, essas UM são recrutadas seguindo uma determinada sequência, conhecida como “princípio do tamanho” (HENNEMAN et al. 1965). Este princípio sugere uma sequência gradual de contração das fibras musculares,

uma vez que conforme a intensidade do exercício, tipo diferentes de unidades motoras são exigidos (HAMMARSTEN et. al., 1980), nele, o recrutamento está linearmente ligado à necessidade de produção de força (SALE, 2003). Apesar de todos os relatos sobre o “princípio do tamanho”, certos estudos tem mostrado que em determinadas condições ele não ocorre nos mesmos padrões descritos anteriormente, como, contração excêntrica em que há um contratação muscular simultânea a um alongamento (NARDONE, ROMANO e SCHIEPPATI, 1988) e contrações em condições de hipóxia (MORITANI et al., 1992; SUNDBERG, 1994), fazendo com que haja um recrutamento maior de fibras do tipo II independente da intensidade do exercício.

2.2. Hipertrofia

A hipertrofia muscular resulta em um aumento no tamanho das fibras musculares. Segundo o ACSM (2009), para se obter adaptações ligadas à hipertrofia muscular é necessário que seja utilizado cargas elevadas (70 85% 1RM) durante o exercício resistido. Isto, para que fibras do tipo II (mais responsivas a hipertrofia) sejam estimuladas a tal ponto que excedam a capacidade da mesma de sustentar a carga, acarretando em micro lesões e desencadeando o processo de hiperplasia e hipertrofia (RUSSEL et. al., 2000).

Além das adaptações neurais citadas no tópico acima, parte do ganho de força pode ser devido à hipertrofia muscular (TAKARADA et al., 2000; TAKARADA , SATO e ISHII, 2002). Em resposta a sobrecarga do TRC, pode-se constatar estas adaptações, como o aumento da área da secção transversa do músculo (CSA) e o aumento da capacidade de gerar força (MOORE et Al., 2004).

As fibras mais responsivas à hipertrofia são as fibras tipo II, sendo que estas apresentam maior calibre, alta frequência de disparo, contração rápida, maior limiar de excitabilidade e baixa resistência a fadiga. Isto sugere que o exercício resistido de alta intensidade podem ser mais interessantes para hipertrofia, já que causam uma ativação maior de fibras de contração rápida (NARDONE, ROMANO e SCHIEPPATI, 1988).

No entanto, estudos recentes demonstraram que com a intensidade da carga reduzida no treinamento combinado com certa restrição vascular, pode-se obter notáveis

aumentos para força muscular e hipertrofia (TAKARADA et al , 2000; TAKARADA , SATO, E ISHII, 2002). Além disso, a força adquirida em resultado desse método com restrição, é comparável ao aumento verificado durante o TRC a 80 % de 1 RM (22,6 %) (TAKARADA et al. 2000).

3. RESTRIÇÃO VASCULAR

Estudos como o de Takarada et. al. (2000) e Takarada, Sato e Ishii (2002), mostraram que é possível obter respostas hipertróficas e aumento de força semelhante aos de TRC utilizando menor intensidade de exercício (>40% 1RM) (KARABULUT et al., 2007; KUBO et. Al., 2006). Isto se deve à realização de exercícios com a restrição vascular, conhecido também como método KAATSU.

O “KAATSU training” é um método de treinamento desenvolvido por pesquisadores japoneses que consiste na restrição parcial do fluxo sanguíneo nos músculos de membros inferiores ou superiores envolvidos durante um tipo de exercício (SATO, 2005). Neste treinamento, a restrição do fluxo sanguíneo, também chamada de oclusão vascular, é realizada por um garrote pneumático envolvido no membro a ser exercitado. Esse por sua vez, é inflado até determinada pressão, resultando na diminuição do fluxo sanguíneo daquele mesmo membro.

Este método é capaz de obter resultados semelhantes aos obtidos pelo TRC, como hipertrofia (ABE et. al., 2006; BEEKLEY et. al., 2005; TAKARADA et. al., 2002; TAKARADA et al., 2000a; LOENNEKE et. al., 2010) e força (SHINOHARA et. al., 1998; TAKARADA et. al., 2002) utilizando intensidades baixas (20% 1RM).

As principais alterações fisiológicas provindas deste método de treinamento ocorrem devido ao aumento da pressão intramuscular, que por consequência aumenta o acúmulo de metabólitos, devido à dificuldade do retorno venoso, como H⁺, K⁺, AMP, estimulando vias responsáveis pelo aumento da síntese (FUJITA et al., 2007; KARABULUT et al., 2011; SUGA et al., 2009; TAKANO et al., 2005; TANIMOTO; MADARAME; ISHII, 2005; YASUDA et al., 2010; LOENNEKE et. al., 2012).

O acúmulo de metabolitos leva à um aumento da concentração de H⁺ e com isso uma diminuição do pH muscular. Ambos fatores favorecem o aumento (até ~ 290%) da secreção do hormônio de crescimento (GH) que ocorre alguns minutos após o exercício (TAKARADA et al., 2000 ; REEVES et al., 2006).

Além disso, o KAATSU favorece também a estimulação dessa via de síntese proteica pela translocação do mRNA em consequência da facilitação da *mammalian*

target of rapamycin (mTOR) (FUJITA et al., 2007; FRY et al., 2010; GUNDERMAN et al., 2012).

Outra influência do KAATSU é a diminuição da expressão da miostatina. A miostatina é uma proteína conhecida por ser um regulador negativo da síntese proteica, dificultando o aumento da massa muscular (KAWADA e ISHII, 2005). Esta expressão da miostatina pode ser diminuída agudamente após uma sessão com exercício resistido (DRUMMOND et al., 2008) ou cronicamente (LAURENTINO et al., 2012).

Essas respostas citadas acima contribuem diretamente para o aumento da hipertrofia muscular, que podem estar de certa forma, ligada ao aumento de força também. Apesar do ganho de força estar, de acordo com a literatura (NARICI et. al., 1992; REEVES et. al., 2004), em TRC, ligado primeiramente à adaptação neural e posteriormente à hipertrofia, tal fato não é encontrado no método KAATSU. Devido ao fato dos estudos encontrarem primeiramente aumento da hipertrofia e força sem detecção de atividade neural, sugere-se que o aumento de força neste método KAATSU seja devido primeiramente ao aumento da hipertrofia, seguido pela adaptação neural algumas semanas depois (MOORE et al., 2004; KUBO et. al., 2006).

3.1. Adaptação neural

3.1.1. Agudo

Dentre as alterações agudas provocadas pelo TR com KAATSU, alterações na EMG já foram verificadas por diversos estudos (MORITANI et al., 1992; SUGA et al., 2009; YAMADA et al., 2004; YASUDA et al., 2005).

Como já descrito, o TR quando associado à restrição, gera uma situação de hipóxia e acúmulo de metabólitos (FUJITA et al., 2007; KARABULUT et al., 2011). Devido à falta de oxigênio mais unidades motoras são recrutadas para manter o déficit na produção de força, além disso, o acúmulo de metabolitos estimula a via simpática nervosa, através de metaboreceptores periféricos, que por consequência geram um aumento do recrutamento de fibras do tipo II (MORITANI et al., 1992; YAMADA et al., 2004). Devido a este efeito similar ao do “principio do tamanho” (HENNEMAM et

al. 1965), quando a restrição vascular é associada ao TR, há uma alteração do sinal EMG maior do que o normal quando o exercício é realizado com a mesma carga (%1RM ou %CVM), porém sem a presença da restrição.

Contudo, este aumento da EMG só é evidente quando a intensidade do exercício permite que ocorra o efeito adicional da restrição vascular, gerando hipóxia e acúmulo de metabólitos além dos que o próprio exercício convencional já produz. Se a intensidade do protocolo de exercício for muito baixa, pode não ser suficiente para aumentar a EMG mesmo com KAATSU (KARABULUT, et al., 2006). Por outro lado se a carga do exercício for muito elevada (>50% 1RM), a própria hipóxia gerada pela contração muscular elimina o efeito adicional da restrição vascular gerada pelo aparelho de pressão, fazendo com que não haja maior recrutamento motor quando comparado com o mesmo exercício sem a utilização de KAATSU (YAMADA et al., 2004).

Como observado pela EMG, dentro das condições citadas acima, para uma mesma situação (tipo de exercício, carga e volume) o KAATSU é capaz de gerar fadiga mais rapidamente. Como demonstrado por Moore et al. (2004), quando não há controle do volume e o exercício é conduzido até a falha concêntrica, apesar do estímulo sem KAATSU apresentar um volume final maior de repetições, a EMG de ambas as situações se apresentam similares, devido ao fato de ambas as situações chegarem próximas ao esforço máximo.

Sendo assim, o estímulo do KAATSU deve ser manipulado de forma que a restrição vascular apresente uma adição na intensidade do treinamento de forma efetiva, dentro de suas limitações.

3.1.2. Crônico

Para nosso conhecimento existem poucos estudos que observaram possíveis adaptações neurais após o TRC com RFS (ver: Tabela 1).

Tabela 1. Estudos que observaram respostas neurais após protocolo de TRC associado à RFS.

Citação	Nº sujeitos Idade Status	Exercício	Intensidade grupo ou membro	Série / Repetição	Pressão mmHg	Freq. semanal/ Total semanas	Alterações Força	Alteração Hipertrofia	Alterações Neurais
Kubo et. al. (2006)	9 (H) 25 ± 2 Não treinados	Extensão de joelho unilateral isotônica	20% 1RM RV (n = 9) 80% 1 RM SRV (n = 9)	1x(1x25, 1x18 1x15, 1x12) 4x10	180 - 230 -	3x12 Idem	CVM ↑ 7,8% (p = 0,019) CVM ↑ 16,8% (p = 0,008)	↑ 5,9% (p = 0,022) ↑ 7,4% (p = 0,016)	IEMGN ↔ (p = 0,457) IEMG ↔ (p = 0,654) CA ↔ (p > 0,05) IEMGN ↑ 3,2% (p = 0,031) IEMG ↑ 20,5% (p < 0,001) CA ↔ (p > 0,05)
Moore et al. (2004)	8 (H) 19,5 ± 0,4 Não treinados	Flexão de cotovelo unilateral isotônica	50% 1RM RV (n = 8) 50% 1RM SRV (n = 8)	2x(2x10, 1xF) Trabalho total = RV	100 -	3x8 Idem	CVM ↑ 10% (p < 0,05) IRM ↑ 22% (p < 0,05) CVM ↔ (p > 0,05) IRM ↑ 23% (p < 0,05)	- -	TT ↓ 21% (p < 0,05) AUM ↔ (p > 0,05) PAPr ↑ 52% (p < 0,05) PAP ↔ (p > 0,05) TT ↔ (p > 0,05) AUM ↔ (p > 0,05) PAPr ↔ (p > 0,05) PAP ↔ (p > 0,05)
Takarada et al. (2002)	12 (H) 25,9 ± 0,6 Jogadores de rugby treinados em TRC	Extensão de joelho bilateral isotônica	50% 1RM RV (n = 6) 50% 1RM SRV (n = 6)	4xF Trabalho total = RV	196 ± 5,7 -	2x8 Idem	CVM ↑ (p < 0,05) CVM d ↑ 14,3% (p < 0,05) FM ↓ 5% (p = 0,002) CVM/AST ↔ (p > 0,05) CVM ↔ (p > 0,05) CVM d ↔ (p > 0,05) FM ↔ (p > 0,05) CVM/AST ↔ (p > 0,05)	↑ 12,8% (p = 0,002) ↔ (p > 0,05)	IEMGF ↔ (p > 0,05) IEMGF ↔ (p > 0,05)
Yasuda et al. (2011)	30 (H) 22 - 32 Fisicament e ativos	Extensão de cotovelo e adução de ombro (supino) isotônica	30% 1RM RV (n = 10) 75% 1RM SRV (n = 10) RV & SRV (n = 10)	1x(1x30, 3x15) 3x10 2 dias = RV 1 dia = SRV	100 - 130 - RV (100 - 130) SRV (-)	3x6 Idem 6x (2xRV, 1xSRV)	CVM ↔ (p > 0,05) IRM ↑ (p < 0,001) CVM/AST ↔ (p > 0,05) 1RM/AST ↔ (p > 0,05) CVM ↑ (p < 0,001) IRM ↑ (p < 0,001) CVM/AST ↔ (p > 0,05) 1RM/AST ↑ 10,5% (p < 0,05) CVM ↑ (p < 0,001) IRM ↑ (p < 0,001) CVM/AST ↔ (p > 0,05) 1RM/AST ↑ 6,7% (p < 0,05)	TB ↑ 4,6% PM ↑ 8,3% TB ↑ 8,6% PM ↑ 17,6% TB ↑ 6,4% PM ↑ 10,5%	CA ↔ (p > 0,05) CA ↔ (p > 0,05) CA ↔ (p > 0,05)

Legenda Tabela 1. H - Homens; RV - restrição vascular; SRV - sem restrição vascular; F - falha concêntrica; CVM - contração voluntária máxima; FM - fadiga muscular; AST - área de secção transversa; TB -tríceps braquial; PM - peitoral maior; IEMG - eletromiografia integrada; IEMGN - eletromiografia integrada normalizada pela ativação máxima dos agonistas; TT - “twitch” torque; CA - co-ativação de antagonistas; AUM - ativação de unidades motoras; PAPr - potencialização pós ativação relativa; PAP - potencialização pós ativação absoluta; IEMGF - eletromiografia integrada durante teste de fadiga; ↑ - aumento; ↓ - redução; ↔ - sem alteração.

Dentre estes estudos (ver: Tabela 1), apesar de não utilizarem sempre as mesmas medidas de avaliação de adaptação neural, nenhum encontrou melhora da mesma.

O único estudo que observou alguma alteração nos índices de adaptação neural foi Moore et al. (2004), que observaram uma queda do “twitch” torque (TT) (torque obtido por estimulação elétrica), e um aumento da potencialização pós ativação relativa (PAPr). Entretanto os autores não encontraram uma explicação plausível para a queda do TT, já que era esperado um aumento do mesmo como comumente ocorre com TRC (RICH, CAFARELLI, 2000) e por falta de medidas de avaliações suficientes. Além disso, como a PAPr é medida pelo percentual de alteração e este tem como linha de base o TT este aumento não significa que houve um aumento da ativação dos músculos agonistas, apenas um aumento de amplitude devido a queda do TT.

Dentre outros estudos, não foram encontradas modificações e em nenhuma medida de adaptação neural, como aumento da eletromiografia integrada IEMG e IEMG normalizada pela ativação máxima dos agonistas (IEMGN), diminuição da eletromiografia integrada durante teste de fadiga (IEMGF) ou diminuição da co-ativação ativação de antagonistas (CA).

Contudo, todos os estudos encontraram aumento da força após TRC com RFS, assim como aumento de hipertrofia, com exceção de um estudo (MOORE, et al. 2004) que não observou a área de secção transversa do musculo.

Interessantemente, como observado por Takarada et al. (2002) e Yasuda et al. (2011), as variáveis que representam a normalização da força pela razão desta pela área de secção transversa (MVC/CSA e 1RM/CSA) não foram alteradas após o TRC com

RFS. Isto é um indicativo de que as alterações de força provindas deste tipo de treinamento estão mais vinculadas ao aumento da hipertrofia do que um possível aumento da adaptação neural, caso contrario era esperado que houvesse um aumento destas variáveis independente do aumento da hipertrofia, como foi observado pelos grupos que treinaram sem RFS e com cargas mais elevadas.

Recentemente Leonneke et al. (2012) observaram em uma meta analise que as alterações de força decorrente do TRC com RFS parecem ficar estáveis não se alterar muito durante as primeiras semanas de treino (>10 semanas) assim como as alterações de hipertrofia, e que maiores aumentos de força estão mais correlacionados com maiores durações de protocolos de treinamento do que com a hipertrofia, podendo indicar um aumento da atividade neural. Sendo assim os autores sugerem que talvez seja necessário mais tempo para poder observar alterações neurais decorrentes deste tipo de treino, e que talvez exista uma inversão do paradigma tradicional das adaptações fisiológicas provenientes do TRC.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a pouca disponibilidade de estudos observando adaptações neurais provenientes do TRC com RFS, não é possível estabelecer qual a influencia deste nesta característica fisiológica. Contudo algo que parece um pouco mais evidente é que não parece ocorrer modificações na ativação neural nas primeiras oito semanas de treino com RFS, sendo os aumentos de força dependente da hipertrofia muscular.

Mais estudos com duração acima de dez semanas são necessários para que seja possível observar se realmente há a contribuição da adaptação neural no aumento de força obtidos em pontos mais avançados durante um protocolo de treinamento e se realmente existe esta inversão de adaptações.

4. REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.93, p.1318–1326, 2002.
- ABE, T.; KAWAMOTO, K.; YASUDA, T.; KEARNS, C. F.; MIDORIKAWA, T.; SATO, Y. Eight days KAATSU-resistance training improved Sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. *International Journal of Kaatsu Training Research*, Tokyo, v.1, p.19-23, 2005(a).
- ABE, T.; KEARNS, C. F.; SATO Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of Applied Physiology*. Bethesda, v.100, p.1460–1466, 2006.
- ABE, T.; SAKAMAKI, M.; FUJITA, S.; OZAKI, H.; SUGAYA, M.; SATO, Y.; NAKAJIMA, T. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *Journal of Geriatric Physical Therap.*, Philadelphia, v.33, p.34-40, 2010.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine Science Sports Exercise*, v.41, n.3, p.687–708, 2009.
- BEEKLEY, M. D.; SATO, Y.; ABE, T. KAATSU-walk training increases sérum bone-specific alkaline phosphatase in Young men. *International Journal of Kaatsu Training Research*, Tokyo, v.1, p.77-81, 2005.
- GUNDERMANN, D. M.; FRY, C. S.; DICKINSON, J. M.; WALKER, D. K.; TIMMERMAN, K. L.; DRUMMOND, M. J.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. Reactive hyperemia is not responsible for stimulating muscle protein synthesis

following blood flow restriction exercise. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.112, p.1520-1528, 2012.

FITTS, R.H.; MCDONALD, K.S.; SCHLUTER, J.M. The determinants of skeletal muscle force and power: their adaptability with changes in activation pattern. *J Biomech* 24, Suppl, v.1, p.111–122, 1991.

FLECK, S.J. Periodized strength training: a critical review. *J Strength Cond Res*, v.13, p.82–89, 1999.

FUJITA, S.; ABE, T.; DRUMMOND, M. J.; CADENAS, J. G.; DREYER, H. C.; SATO, Y.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.103, p.903–910, 2007.

HAˆKKINEN K, NEWTON RU, GORDON SE, MCCORMICK M, VOLEK JS, NINDL BC, GOTSHALK LA, CAMPBELL WW, EVANS WJ, HAˆKKINEN A, HUMPHRIES BJ, AND KRAEMER WJ. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* v.53, p.B415–B423, 1998.

HAMMARSTEN, J.; BYLUND-FELLENIOUS, A. C.; HOLMM, J.; SCHERSTEN, T.; KROTKIEWSKI, M. Capillary supply and muscle fibre types in patients with intermittent claudication: Relationships between morphology and metabolism. *European Journal of Clinical Investigation*, v.10 , p.301-305, 1980.

HENNEMAN, E.; SOMJEN, G.; CARPENTER, D.O. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *Journal Neurophysiology*, v.28, p.560–580, 1965.

KACIN, A.; STRAZAR, K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science Sports*, v.6, p.231-241, 2011.

KAWADA, S.; ISHII, N. Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v.37, n.7, p.1144-1150, 2005.

KARABULUT, M.; ABE, T.; SATO, Y.; BEMBEN, M. Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to KAATSU Training. *International Journal KAATSU Training Research*, v.3, p.1-9, 2007.

KARABULUT, M.; ABE, T.; SATO, Y.; BEMBEN, M. G. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older man. *European Journal of Applied Physiology*, Heidelberg, v.108, p.147-155, 2010.

KARABULUT, M.; CRAMER, J.T.; RYAN, E.D.; ANDERSON, R.L.; HULL, H.R.; ABE, T.; SATO, Y.; BEMBEN, G. Effects of KAATSU on muscular function during isometric exercise. *International Journal KAATSU Training Research*, v.2, p.19-28, 2006.

KARABULUT, M.; McCARRON, J.; ABE, T.; SATO, Y.; BEMBEM, M. The effects of different initial restrictive pressures used to reduce blood flow and thigh composition on tissue oxygenation of the quadriceps. *Journal of Sports Science*, Ankara, v.29, n.9, p.951-958, 2011.

KLEIN, M. B.; PHAM, H.; YALAMANCI, N.; CHANG, J. Flexor tendon wound healing in vitro: The effects of lactate on tendon cell proliferation and collagen production. *Journal of Hand Surgery*, Secaucus, v.26, n.5, p.847-854, 2001.

KUBO, K.; KOMURO, T.; ISHIGURO, N.; TSUNODA, N.; SATO, Y.; ISHII, N.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *Journal of Applied Biomechanics*, v. 22, p.112-119, 2006.

LAURENTINO, G. C.; UGRINOWITSCH, C.; ROSCHEL, H.; AOKI, M. S.; SOARES, A. G.; NEVES JR, M.; AIHARA, A. Y.; FERNANDES, A. R. C.; TRICOLI, V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v.44, n.3, p.406-412, 2012.

LOENNEKE, J. P.; WILSON, G.J.; WILSON, J. M. A Mechanistic Approach to Blood Flow Occlusion. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.31, p.1-4, 2010.

LOENNEKE, J. P.; WILSON, J. M.; MARIN, P. J.; ZOURDOS, M. C.; BEMBEN, M. G. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, Heidelberg, v.112, p.1849-1859, 2012.

LOSCHER, W.N.; CRESSWELL, A.G.; THORSTENSSON, A. Central fatigue during a long-lasting submaximal contraction of the triceps surae. *Experimental Brain Research*, v.108, p.305–314, 1996.

MACDOUGALL, J.D.; ELDER, G.C.; SALE, D.G.; MOROZ, J.R.; & SUTTON, J.R. Effects of strength training and immobilization on human muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology*, v.43, p.23-34, 1980.

MADARAME, H.; NEYA, M.; OCHI, E.; NAKAZATO, K.; SATO, Y.; ISHII, N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v.40, n.2, p.258-263, 2008.

MCCALL, G.E.; BYRNES, W.C.; FLECK, S.J; DICKINSON, A; KRAEMER, W.J. Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. *Canadian Journal Applied Physiology*, v.24, p.96-107, 1999.

MOORE, D. R.; BURGOMASTER, K. A.; SCHOFIELD, L. M.; GIBALA, M. J.; SALE, D. G.; PHILLIPS, S. M. Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. *European Journal of Applied Physiology*, Heidelberg, v.92, p.399-406, 2004.

MORITANI, T.; MICHAEL-SHERMAN, W.; SHIBATA, M.; MATSUMOTO, T.; SHINOHARA, M. Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European Journal Applied Physiology*, v.64, p.552–556, 1992.

MORITANI, T.; SHERMAN, W. M.; SHIBATA, M.; MATSUMOTO, T.; SHINOHARA, M. Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Berlin, v.64, p.552-556, 1992. Heidelberg, v.89, p.1-7, 2003.

NARDONE, A.; ROMANO, C.; SCHIEPPATI, M. Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. *Journal Physiology*, v. 395, p.363–381, 1988.

NARICI MV, HOPPELER H, KAYSER B, LANDONI L, CLAASSEN H, GAVARDI C, CONTI M, AND CERRETELLI P. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol Scand*, v.157, p.175–186, 1996.

NARICI, M.V., ROI, G.S., LANDONI, L., MINETTI, A.E. & CERRETELLI, P. Assessment of human knee extensor muscles stress from in vivo physiological cross-sectional area and strength measurements. *European Journal of Applied Physiology*, v.65, p.438-444, 1992.

OZAKI, H.; SAKAMAKI, M.; YASUDA, T.; FUJITA, S.; OGASAWARA, R.; SUGAYA, M.; NAKAJIMA, T.; ABE, T. Increase in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. *Journal of Gerontology: Biological Science*. Oxford, v.66, n.3, p.257-263, 2011.

PARK, S.; KIM, J. K.; CHOI, H. M.; KIM, H. G.; BEEKLEY, M. D.; NHO, H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in 75 athletes *European Journal of Applied Physiology*. Heidelberg, v.109, p.591–600, 2010.

PHILLIPS, S.M. Short-term training: when do repeated bouts of resistance exercise become training? *Can J Appl Physiol*, v.25, p.185–93, 2000.

REEVES, G. V.; KRAEMER, R. R.; HOLLANDER, D. B.; CLAVIER, J.; THOMAS, C.; FRANCOIS, M.; CASTRACANE, V. D. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.101, p.1616–1622, 2006.

REEVES, N.D., NARICI, M.V., MAGANARIS, C.N. Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. *Journal of Applied Physiology*, v.96, p.885-892, 2004.

RICH, C.; CAFARELLI, E. Submaximal motor unit firing rates after 8wk of isometric resistance training. *Medicine and Science Sports Exercise*, v.32, p.190 - 196, 2000.

ROONEY, K.J.; HERBERT, R.D.; BALNAVE, R.J. Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Medicine and Science Sports Exercise*, v.26, p.1160–1164, 1994.

RUSSELL, B.; MOTLAGH, D.; ASHLEY, W.W. Form follows function: how muscle shape is regulated by work. *Journal Applied Physiology*, v.88, p.1127-32, 2000.

SALE, D.G. Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exercise Sport Science Review*, v.15, p.95–151, 1987.

SALE, D.G. Neural adaptation to strength training. In Komi PV Strength and power in sport. *Blackwell*, p.281–314, 2003.

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

SHINOHARA, M.; KOUZAKI, M.; YOSHIHISA, T.; FUKUNAGA, T. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *European Journal Applied Physiology*, v.77, p.189–191, 1998

SUGA, T.; OKITA, K.; MORITA, N.; YOKOTA, T.; HIRABAYAH, K.; HORIUCHI, M.; TAKADA, S.; TAKAHASHI, T.; OMOKAWA, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flows, restriction. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.106, p.1119-1124, 2009.

SUNDBERG, C.J. Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. *Acta Physiology Scand Supply*, v.615, p. 1–50, 1994.

TAKANO, H.; MORITA, T.; LIDA, H.; KATO, M.; UNO, K.; HIROSE, K.; MATSUMOTO, A.; TAKENAKA, K.; HIRATA, Y.; FURUICHI, T.; ETO, E.; NAGAI, R.; SATO, Y.; NAKAJIMA, T. Effects of low-intensity “KAATSU” resistance training exercise on hemodynamic and growth hormone responses. *International Journal of Kaatsu Training Research*, Tokyo, v.1, p.13-18, 2005.

TAKARADA, Y.; SATO, Y.; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European Journal of Applied Physiology*. Heidelberg, v.86, p.308–314, 2002.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; SATO, Y.; TAKEBAYASHI, S. T.; TANAKA, Y.; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*. Bethesda, v.88, p.2097–2106, 2000(b).

TANIMOTO, M.; MADARAME, H.; ISHII, N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between “KAATSU” and other types of regimen. *International Journal of KAATSU Training Research*, Tokyo, v.1, p.51-56, 2005.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; RAASTAD, T.; Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, Stockholm, v.18, p.401–416, 2008.

YALAMANCHI, N.; KLEIN, M.B.; PHAM, H.M.; LONGAKER, M.T.; CHANG, J. Flexor tendon wound healing in vitro: Lactate up-regulation of TGF- β expression and functional activity. *Plastic and Reconstructive Surgery*, v.113, p.625-632, 2004.

YAMADA, E.; KUSAKA, T.; TANAKA, S.; MORI, S.; NORIMATSU, H.; ITOH, S. Effects of vascular occlusion on surface electromyography and muscle oxygenation during isometric contraction. *Journal of Sport and Rehabilitation*, Lexington, v.13, p.287-299, 2004.

YASUDA, T.; ABE, T.; BRECHUE, W. F.; LIDA, H.; TAKANO, H.; MEGURO, K.; KURANO, M.; FUJITA, S.; NAKAJIMA, T. Venous blood gas and metabolite response to low-intensity muscle contractions with external limb compress. *Metabolism Clinical Experimental*, Philadelphia, v.59, p.1510-1519, 2010.

YASUDA, T.; ABE, T.; SATO, Y.; MIDORIKAWA, T.; KEARNS, C. F.; INOUE, K.; RYUSHI, T.; ISHII, N. Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily. *International Journal of Kaatsu Training Research*, Tokyo, v.1, p.65-70, 2005.

YASUDA, T.; FUJITA, S.; OGASAWARA, R.; SATO, Y.; ABE, T. Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical Physiology Function Imaging*, v.30, n.5, p.338-343, 2010.

YASUDA, T.; OGASAWARA, R.; SAKAMAKI, M.; OZAKI, H.; SATO, Y.; ABE, T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *European Journal of Applied Physiology*. Heidelberg, v.111, p.2525-2533, 2011.