
EDUCAÇÃO FÍSICA

SHARA CHAVES PICELLI

**Influência do Treinamento Resistido
sobre os níveis endógenos do
Hormônio de Crescimento (GH):
Uma Revisão de Literatura**

Rio Claro-S P
2022

Shara Chaves Picelli

**Influência do Treinamento Resistido sobre os níveis endógenos do
Hormônio de Crescimento (GH):
Uma Revisão de Literatura**

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

Orientador: Alexandre Gabarra de Oliveira
Coorientador: Hiago Moreno Camilo

P591i	<p>Picelli, Shara Chaves</p> <p>Influência do treinamento resistido sobre os níveis endógenos do hormônio de crescimento (GH): uma revisão de literatura / Shara Chaves Picelli. -- Rio Claro, 2022</p> <p>35 p.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro</p> <p>Orientador: Alexandre Gabarra de Oliveira</p> <p>Coorientador: Hiago Moreno Camilo</p> <p>1. Hormônio de crescimento (GH). 2. Treinamento resistido. 3. Adaptação hormonal. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Shara Chaves Picelli

**Influência do Treinamento Resistido sobre os níveis endógenos do
Hormônio de Crescimento (GH):
Uma Revisão de Literatura**

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

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alexandre Gabarra de Oliveira (orientador)
Prof. Mestrando Hiago Moreno Camilo (coorientador)
Prof. Dr. Alex Castro (primeiro examinador)
Prof. Daniela Bento Soares (examinadora suplente)

Aprovado em: 11 de Janeiro de 2022



Assinatura do discente



Assinatura do(a) orientador(a)



Assinatura do(a) coorientador(a)
(se houver)

RESUMO

O treinamento resistido (TR) tem tido grande aumento de adeptos nos últimos anos. Popularmente, ele é conhecido por gerar adaptações agudas e crônicas no organismo, como hipertrofia muscular e emagrecimento. O TR é capaz de promover maiores adaptações, como a níveis metabólicos ou hormonais, sendo capaz de aumentar os níveis do hormônio do crescimento (GH), exercendo influência na produção do mesmo. Contudo, ainda pouco se sabe sobre como o TR gera essas adaptações. Portanto, esse estudo tem como objetivo compreender a influência do TR na produção dos níveis endógenos de GH. Para isso foi realizada uma revisão de literatura não sistemática através das bases de dados *PubMed* e *ResearchGate*, com artigos publicados entre os anos de 2005 e 2021, sendo estes estudos realizados em humanos ou modelos experimentais. Dessa forma, a presente revisão informa sobre os possíveis benefícios do treinamento resistido para indivíduos com deficiência hormonal.

Palavras-chave: Treinamento Resistido; Hormônio; GH; Adaptações hormonais.

Abstract

Resistance training (RT) has seen a huge increase in adherents in recent years. Popularly, it is known for generating acute and chronic adaptations in the body, such as muscle hypertrophy and weight loss. RT is capable of promoting greater adaptations, such as metabolic or hormonal levels, which can increase GH levels, influencing its production. However, little is known about how RT generates adaptations. Therefore, this study aims to understand the influence of RT on the production of endogenous GH levels. Therefore, a non-systematic literature review will be carried out in the *PubMed* and *ResearchGate* databases, with articles published between 2005 and 2021, and these studies will be performed in humans or experimental models. Thus, this review can inform about the possible benefits of RT for individuals with hormonal deficiency.

Keywords: Resistance training; Hormone; GH; Hormonal adaptations.

Sumário

1. Introdução	8
2. Objetivo	10
3. Materiais e Métodos.....	12
4. Treinamento Resistido.....	12
4.1 Variáveis	12
4.2 Periodização.....	15
4.3 Recomendações para Indivíduos Não Treinados	15
5. Adaptações fisiológicas do treinamento	17
5.1 Unidade motora.....	17
5.2 Junção Neuromuscular.....	18
5.3 Princípio de tamanho e Ativação das Unidades Motoras	18
5.4 Proprioceptores	18
5.5 Fuso Muscular	18
5.6 Orgão tendinoso de Golgi	19
5.7 Alterações na Junção Neuromuscular (JNM).....	19
5.8 Ganhos iniciais de Força.	20
5.9 Hipertrofia Muscular.	20
5.10 Síntese Protéica.	21
6. Adaptações Endócrinas	22
7. Hormônio de Crescimento (GH).....	23
a. Relação do Treinamento Resistido e GH	23
8. Fator de Crescimento Semelhante á Insulina (IGF-1).....	26
a. Relação do Treinamento Resistido e IGH-I.....	27
9. Conclusões	29
10. Referências Bibliográficas	30

1. INTRODUÇÃO

A busca pelo treinamento Resistido (TR) tem sido cada vez mais presente pela população seja essa realizada com fins recreativos, competitivos ou até mesmo no contexto de reabilitação (MURER et al., 2019).

A princípio, o TR é convencionalmente proposto como um método para desenvolvimento de força muscular e aptidão física, porém, é capaz de desempenhar outras funções, como aprimorar padrões motores, reduzir o risco de comorbidades, melhorar a qualidade de vida, entre outros (ZARONI et al., 2018).

Pode ser realizado a partir de métodos variados, cada um com sua particularidade, como por exemplo: Sistema de Exaustão (método de treinamento onde busca-se a execução do movimento até a falha concêntrica), Repetições Roubadas (método que consiste em realizar o exercício com a técnica correta até atingir a falha concêntrica, seguida de uma alteração no padrão de movimento a fim de possibilitar a execução mais algumas repetições), Pré-Exaustão (método em que se utiliza um exercício monoarticular previamente, e sem descanso executa-se o exercício multiarticular), Super Série (realização de uma série até a falha seguida de um exercício alternativo, podendo este ser para o mesmo grupamento muscular trabalhado anteriormente ou para a musculatura antagonista), entre outros (BRITO & OLIVEIRA., 2020).

Além dos diferentes métodos empregados, as variáveis do TR também podem ser manipuladas a fim de atingir determinado objetivo. Cada uma das variáveis se relaciona individualmente com algum aspecto do treinamento, porém, são utilizadas em conjunto. As principais variáveis do TR são Intensidade (corresponde a % de 1 Repetição Máxima, representada pela abreviação RM, ou a zona de RM), Volume (corresponde ao número de séries, repetições, exercícios, carga levantada e frequência semanal), Pausa (período de descanso entre séries, exercícios e sessões), Velocidade de execução (rápida ou lenta), Ações musculares e Amplitude de movimento (concêntrica, excêntrica ou isométrica) e Ordem dos exercícios (monoarticular para multiarticular ou vice-versa) (BARCELOS et. Al., 2016).

O TR está correlacionado com adaptações fisiológicas no organismo, como aumento da síntese proteica, diminuição da proteólise, melhora no fluxo de O₂ entre células e tecidos, entre outros. As adaptações hipertróficas pós-exercício são mediadas por cascatas enzimáticas, onde a Tensão Mecânica será transformada em sinais anabólicos ou catabólicos, gerando uma resposta compensatória, alterando assim o equilíbrio das proteínas musculares, dessa maneira, favorecendo a síntese ao invés da degradação (SCHOENFELD, 2013).

Além disso, esta modalidade de treinamento induz importantes alterações na

atividade do Sistema Endócrino, podendo apresentar efeitos agudos e crônicos no mesmo, como a melhora na sensibilidade a insulina, aumento dos hormônios, como testosterona, fator de crescimento semelhante á insulina tipo 1 (IGF-I) e hormônio do crescimento (GH) (KRAEMER et Al., 2016).

O GH ou Somatotropina é um hormônio polipeptídico secretado pela adeno-hipófise de maneira pulsátil (em pulsos de 3 a 6 horas por dia), sendo os maiores níveis de secreção durante o sono. No hipotálamo a secreção de GH é regulada por 3 hormônios peptídicos: GHRH (hormônio de 44 aminoácidos, necessário para iniciar os pulsos de liberação do GH), SRIH ou Fator de Inibição da Liberação de Somatotropina (modula a amplitude dos pulsos de GH e Grelina), GHS-R (hormônio peptídico de 28 aminoácidos que afeta a secreção de GH através do receptor GHS no hipotálamo e circulação) (THOMAS et Al., 2013).

Ele atua especialmente como um agente de degradação no metabolismo lipídico e estimula a captação e incorporação de aminoácidos nas proteínas, incluindo as musculares (SCHOENFELD, 2013).

A secreção de GH induzida pelo exercício começa a ser liberada entre 10 e 20 minutos pós-exercício, com picos de concentração ocorrendo logo após o início do TR. Durante e após a realização do exercício, o GH pode influenciar ou ser influenciado por algumas variáveis das Demandas Fisiológicas, como o aumento das concentrações de lactato, aumento das concentrações de íons hidrogênio (H⁺), mudanças na disponibilidade e demanda de O₂, sinais aferentes dos receptores metabólicos musculares, liberação de catecolaminas e mudanças na temperatura corporal (THOMAS et Al., 2013).

A ação do GH vai fornecer maior influência no aumento das concentrações de IGF-I, o que permite que o organismo tenha mais efeitos anabólicos, além dos efeitos lipolíticos (FINK et al., 2018).

Essa interação do TR com o Sistema Endócrino é de grande importância, ainda mais quando relacionamos ao eixo GH/IGF-I. Esse eixo parece ser significativamente estimulado em resposta ao TR e nesse sentido exerce potencial papel nas mudanças adaptativas no corpo, em decorrência do treinamento (KRAEMER et Al., 2020).

Tendo isso em vista, compreender melhor os mecanismos pelos quais o TR afeta o Sistema Endócrino, em específico a secreção e ações hormonais exercidas pelo GH poderiam fornecer importantes informações para a elaboração de protocolos de treinamento, visando às condições individuais de cada sujeito (como por exemplo, indivíduos com deficiência de GH) (THOMAS et Al., 2011). Sendo assim, esse estudo tem por objetivo compreender os efeitos do TR sobre a produção e secreção dos níveis endógenos de GH.

2. OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo compreender os efeitos do Treinamento Resistido (TR) sobre a produção e secreção dos níveis endógenos de GH.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo aborda uma revisão de literatura não sistemática com o intuito de averiguar e compreender os efeitos do Treinamento Resistido (TR) na produção e secreção nos níveis endógenos de GH.

A busca foi realizada na base de dados *PubMed* e *ResearchGate*, sendo selecionados artigos publicados no período de 2005 a 2021. Os seguintes termos foram utilizados: “resistance training”, “growth hormone”, “hormonal responses”, “hormonal adaptations”, “growth hormone and hypertrophy” e outros possíveis cruzamentos de termos. Foram priorizados aqueles estudos que relacionaram diretamente o treinamento resistido e as alterações hormonais do GH.

Os critérios utilizados para seleção/inclusão dos artigos foram a partir de revisões de literatura e projetos experimentais que fossem realizados em humanos ou organismos semelhantes, sendo esses indivíduos de ambos os gêneros, na faixa etária de 18 a 70 anos. Para critérios de exclusão foram considerados os estudos cujos indivíduos fizeram uso de hormônio exógeno e que executaram apenas treinamento aeróbico (no caso dos estudos com projetos experimentais).

4. Treinamento Resistido

O Treinamento Resistido (TR) pode ser compreendido como a realização de exercícios contra resistência de pesos externos. Esses exercícios podem ser classificados como: Excêntricos, Concêntricos e Isométricos. Dentro dos diferentes sistemas de treinamento podem ser feitas diversas combinações das variáveis como intensidade, volume, frequência de treinamento, tempo de descanso entre as séries e escolha dos exercícios (IDE et al, 2010).

De maneira geral o treinamento é capaz de gerar alterações a níveis fisiológicos no sistema cardiovascular, sistema nervoso, sistema imune, sistema endócrino e sistema muscular. Apesar de poder surtir efeitos metabólicos mais complexos, o TR é comumente utilizado para aumento de força, resistência e hipertrofia muscular (SCHOENFELD et al, 2018).

Podemos definir a hipertrofia muscular como o aumento das miofibrilas musculares ocasionadas pelo aumento do diâmetro da fibra muscular, em resposta ao aporte positivo da síntese protéica. Mesmo sendo considerada uma das principais adaptações geradas no tecido muscular pelo TR, a hipertrofia muscular está relacionada a diversos fatores e dependente de alguns parâmetros como genética, gênero, idade, fatores nutricionais e o próprio treinamento (GUEDES et al, 2008).

Outro fator relacionado às adaptações ao treinamento é a chama Dor Muscular de Início Tardio (DMIT) ou Dano Muscular (DM). O DM é atribuído a uma desorganização das miofibrilas (seja por ruptura, alargamento ou prolongamento da linha Z), danos estruturais no tecido muscular ou rompimento dos miofilamentos (RUBY & BUSH-JOSEPH, 2012).

Em relação aos aumentos de força muscular ocasionados pelo TR, Lamas e colaboradores (2008) conduziram um estudo com 24 participantes divididos em 2 grupos, sendo: Grupo do Treinamento Resistido (TR) e Grupo do Treinamento de Potência (TP). O programa de exercícios consistia em 3 sessões semanais durante 8 semanas.

Os participantes realizaram dois testes pré e pós-treinamento: Teste de Força Dinâmica Máxima (1RM) e de Potência Muscular (30% de 1RM) no exercício Agachamento. Os resultados mostraram um aumento de 23% de força e potência para o grupo TR e 16% de aumento para o grupo TP, concluindo que o TR foi capaz de gerar maiores adaptações (LAMAS et al., 2008).

4.1 Variáveis

As Variáveis são capazes de possibilitar diversas alterações nos programas de treinamento, a fim de atingir determinado objetivo. Adicionalmente, elas permitem a periodização do treinamento através da manipulação dos tipos de ações musculares, seleção dos exercícios, intensidade, volume, intervalo de descanso, cadência e frequência de treino (SILVA et al., 2007).

O Volume absoluto pode ser expresso pela quantidade de repetições multiplicada pelo número de séries e pela carga utilizada (podendo essa ser expressa em quilogramas ou Newtons). Para alterar essa variável, algumas estratégias podem ser utilizadas como aumento do número de repetições, do número de séries, do número de exercícios, da frequência semanal ou até mesmo a modificação da carga (ZOURDOS et al, 2015).

Embora essa variável possa ser modificada de várias maneiras, ela sempre deve estar equalizada para que se obtenham as respostas hipertróficas desejadas (SCHOENFELD, 2016).

Deve ser considerado o nível de treinamento do indivíduo para que o volume adequado seja utilizado. Para indivíduos iniciantes é indicado um total de 16 séries semanais por grupamento muscular, dispostos de 4 a 8 exercícios de até 2 séries cada com 12 repetições; Para indivíduos intermediários indica-se um volume de 24 séries semanais dispostos em 8 séries por grupamento muscular e para indivíduos avançados 26 a 32 séries apresentam respostas hipertróficas adequadas (STOPANNI, 2008).

A Intensidade pode ser compreendida através do percentual de 1RM ou carga máxima, sendo essa margem de peso utilizada para planejar e progredir dentro do treinamento (FLECK & KRAEMER, 2017).

Quando falamos de ganho de força, o indicado pela literatura é a utilização de cargas correspondentes de 1 a 5RM; Já quando o foco é a hipertrofia muscular, o estimado é de 6 a 12RM (Holm .et al, 2008). Essas adaptações podem ser explicadas a partir do melhor recrutamento das Unidades Motoras de alto limiar (fibras do tipo II), que são mais estimuladas por cargas elevadas e maior necessidade de produção de força, quando comparadas as Unidades Motoras de baixo limiar (compostas pelas fibras de tipo I) que necessitam de menos carga e menos produção de esforço (SCHOENFELD et al, 2016).

Em relação ao nível de treinamento do indivíduo, a intensidade também deve ser expressa de maneira adequada. Para indivíduos iniciantes a mesma deve ser leve, dando enfoque nesse período a coordenação neuromotora á fim de poder progredir nos níveis de intensidade após 1-2 meses; Para indivíduos intermediários a intensidade deve ser moderada para que seja possível progredir os resultados dentro do treinamento e para os indivíduos avançados a intensidade deve ser alta, podendo se

utilizar de alguns métodos específicos de treinamento e altas cargas para evoluir (WATANABE et al, 2014).

O Intervalo de Descanso se apresenta como uma variável de extrema importância, porém, muito negligenciada por muitos adeptos ao Treinamento. Ela pode influenciar em diversos fatores metabólicos durante o TR como fadiga muscular, vias metabólicas utilizadas, ressíntese completa de fosfocreatina (PCr) e adenosina trifosfato (ATP), acúmulo de lactato sanguíneo, fatores esses que podem afetar o rendimento durante o treino (FLECK & KRAEMER, 2017).

Intervalos curtos (de 45 a 60 segundos) apresentam uma ressíntese da PCr incompleta, gerando impactos no nível de demanda metabólica disponível, podendo ocorrer diminuição de força muscular e performance durante a sessão de treino (SCHOENFELD et al 2016).

Em contrapartida, intervalos longos (de 120 a 240 segundos) apresentam o reabastecimento completo nos estoques de PCr e diminuição de metabólitos (como lactato) na musculatura, permitindo maior mobilização do mesmo para produção de força e trabalho com alto volume (RATAMESS et al 2007).

Os exercícios dentro do programa de Treinamento podem ser multiarticulares, sendo aqueles responsáveis por grandes quantidades de trabalho dos grupos musculares (ex: agachamento, remadas, supino) e monoarticulares que são responsáveis por trabalhos musculares isolados (ex: rosca bíceps ou flexão plantar) (FLECK & KRAEMER, 2017).

É recomendada a utilização dos exercícios multiarticulares prioritariamente, cuja demanda metabólica será maior, necessitando de maior produção de força muscular e a utilização de musculaturas estabilizadoras, sendo que os grupamentos musculares menores atuam como auxiliares das grandes musculaturas durante o trabalho. Um exemplo disso é a atuação do tríceps braquial como musculatura estabilizadora na realização do supino (ACSM, 2011).

A escolha dos exercícios dentro do programa deve ser pensada de acordo como objetivo e a aptidão de cada indivíduo. Para iniciantes é indicada a utilização de exercícios básicos multiarticulares a fim de gerar melhores adaptações iniciais. A utilização de exercícios monoarticulares parece ter maior proveito para indivíduos intermediários/avançados, tendo estes melhor coordenação neuromotora e maior resistência a fadiga (SCHOENFELD et al, 2016).

A Cadência pode ser expressa pela duração (em segundos) utilizada para executar as fases Excêntricas e Concêntricas do exercício. Ela pode ser representada por 3 dígitos, sendo o primeiro referente a fase Concêntrica, a segunda para a fase Isométrica ou de Transição (quando houver) e a terceira fase referente a Excêntrica (ex: 2-0-2) (FLECK & KRAEMER, 2017).

A Intensidade parece surtir efeito sobre essa Variável. Sobrecargas acima de 85%RM geram menores cadências na fase Concêntrica, enquanto cargas abaixo disso fornecem maior controle da cadência em ambas as fases do exercício (HOLM et al, 2008).

Usualmente, cadências mais lentas são utilizadas pela capacidade de realizar o exercício sem a necessidade de impulsos excessivos podendo assim gerar mais tempo sobtensão e estresse metabólico na musculatura. Dessa forma, cadências entre 5 a 8 segundos parecem ser priorizadas em programas de treinamento com foco em respostas Hipertróficas (SCHOENFELD, 2016).

4.2 Periodização

Organização sistemática, sequencial e progressiva do planejamento do programa de treino, incluindo todas as variáveis e alterações das metodologias aplicadas é como podemos compreender o termo de Periodização (MINOZZO, 2008).

Dentro da Periodização temos subdivisões de períodos de planejamento, sendo eles:

- Microciclo: Correspondente às unidades menores do planejamento, podendo ter duração de aproximadamente uma semana.
- Mesociclo: Composto por dois ou mais Microciclos.
- Macrociclo: Corresponde ao período completo de planejamento do programa de treino (MINOZZO, 2008).

Dentro da musculação há dois tipos de Periodização mais comuns a ser utilizados, a Periodização Linear ou Tradicional e a Periodização Não-Linear ou Ondulatória.

A Periodização Linear ou Tradicional se baseia em iniciar o treinamento com alto volume e baixa intensidade e progredir para baixo volume e alta intensidade durante o programa de treinamento (SANTOS, 2016).

Já Periodização Não-Linear ou Ondulatória apresenta mudanças de intensidade com maior frequência. Nesse modelo o foco é o desenvolvimento de fatores específicos e manutenção das capacidades motoras, sendo nesse caso o mais comum alterações nas repetições e séries a cada treino (SANTOS, 2016).

4.3 Recomendações para Indivíduos Não Treinados

Em relação ao tipo de ação muscular a ser realizada por indivíduos não treinados, as ações Excêntricas devem ser utilizadas com cautela, dado que esse estímulo é responsável por maiores danos musculares, porém, devem estar presentes no programa de treinamento, pois são capazes de melhorar o Drive Neural e recrutamento

das fibras musculares (CORVINO et al, 2009).

De acordo com o American College of Sports Medicine (ACSM) indivíduos não treinados devem realizar exercícios com cargas entre 50-60 % de 1RM com 8 a 12 repetições no período inicial de treinamento (ACSM, 2009).

O Volume de treino para indivíduos não treinados deve ser bem planejado, para que não haja uma sobrecarga mecânica excessiva. O indicado nesse período é de 1 a 3 séries por exercício para cada grupamento muscular (ACSM, 2009).

A Ordem e Escolha dos exercícios em um programa de treinamento têm demonstrado importantes adaptações em relação à força muscular e adaptações crônicas. Nesse sentido, a literatura indica que os exercícios utilizados no programa de treinamento para indivíduos não treinados devem ser baseados na prioridade de objetivo e capacidade do aluno, sejam esses exercícios monoarticulares ou multiarticulares (SILVA et al, 2015).

O Período de descanso entre as séries pode variar de acordo com o exercício, sua complexidade e a quantidade de musculatura utilizada. Dessa forma, o ACSM recomenda de 2 a 3 minutos de repouso entre as séries de exercícios multiarticulares e 1 a 2 minutos para exercícios monoarticulares, podendo esses valores variar de acordo com o nível de treinamento (ACSM, 2009).

5. Adaptações fisiológicas do treinamento

Com o exercício e a sobrecarga imposta ao corpo, a musculatura é desafiada a realizar uma determinada produção de força. As fibras musculares são assim recrutadas para desempenhar a força necessária para executar o movimento (FLECK & KRAEMER, 2017).

Com isso, os sistemas fisiológicos são empregados para trabalhar em conjunto e sustentar as demandas fisiológicas causadas pelo treino, como os processos de recuperação após a sessão de treinamento ter sido realizada (ex: sistema imune e endócrino)(ACSM, 2011).

As alterações ocasionadas pelo treinamento podem ser agudas ou crônicas. A aguda é usualmente relacionada a mudanças imediatas em alguma variável examinada, como por exemplo aumento da frequência cardíaca, enquanto a adaptação crônica se relaciona a resposta do organismo ao repetido estímulo de treinamento que o corpo é exposto. Essas adaptações específicas por sua vez podem ser observadas em diferentes períodos com dias, meses ou até anos, dado o programa de exercício que é realizado (DAMAS et al, 2015).

Antes de falar propriamente das adaptações, vamos elucidar alguns conceitos e estruturas básicas para que haja o entendimento posterior.

5.1 Unidade motora: O primeiro passo para a adaptação ao treinamento é ativação dos músculos necessários para produzir determinado nível de força, e para que isso ocorra, é necessário a presença de inervação neural. A chamada Unidade motora é composta de um neurônio motor alfa e todas as fibras musculares que ele inerva, ou seja, é a junção funcional da atividade muscular regida diretamente por controle neural (CORVINO et al,2009).

O número de fibras musculares por unidade motora depende do nível de controle motor que é requerido da sua função muscular. Como no caso dos músculos que estiram a lente ocular, elas podem possuir 10 fibras musculares por unidade motora, enquanto no gastrocnêmio podem-se encontrar 1000 fibras por unidade motora (HEPPLE et al, 2016).

A função muscular é então controlada pelo sistema nervoso, inicialmente pelos impulsos gerados nos centros cerebrais superiores (especificamente, no córtex cerebral)(COSTANZO, 2007).

5.2 Junção Neuromuscular: Pode ser compreendida como a estrutura morfológica que atua interligando o neurônio motor alfa e a fibra muscular (CORVINO et al,2009).

5.3 Princípio de tamanho e Ativação das Unidades Motoras: As fibras que compõem a unidade motora podem ser classificadas em fibras tipo I (contração lenta) e fibras tipo II (contração rápida). O recrutamento dessas fibras vai ser determinado pela demanda de produção de força. De acordo com o princípio do tamanho, os primeiros neurônios motores a serem recrutados são aqueles que apresentam menores unidades motoras (também conhecidas como unidades motoras de “baixo limiar”) compostas essas de fibras do tipo I; seguidas pelas unidades motoras de “alto limiar”, que serão progressivamente recrutadas caso haja demanda maior de produção de força, sendo elas compostas predominantemente de fibras do tipo II (o qual são recrutadas primeiro as fibras do tipo IIa, seguidas das tipo IIb) (GUYTON, 2006).

Outro conceito importante relacionando a ativação das unidades motoras é a chamada Lei do tudo ou nada. Esse recurso permite que todas as fibras musculares de uma unidade motora sejam ativadas caso o limiar de ativação específico seja alcançado, caso contrário, não há ativação de nenhuma dessas fibras (MAIOR,2013).

O fato é, esse recurso faz com que seja possível ocorrer uma variação de força produzida pelo músculo, sendo que quanto mais unidades motoras forem recrutadas, maior será a força desenvolvida, e vice-versa. Essa variação de produção de força gerada pelo músculo é chamada de Somação múltipla de unidades motoras (DORGO, 2009).

5.4 Proprioceptores: Estruturas localizadas dentro do músculo e tendões, elas informam sobre os níveis de alongamento e tensão no músculo. Essas estruturas mantêm o sistema nervoso informado constantemente sobre os movimentos realizados nos exercícios (SHARMAN et al,2006).

5.5 Fuso Muscular: Essas estruturas apresentam duas funções, sendo elas monitorar o alongamento/estiramento do músculo no qual estão inseridos e iniciar uma contração para reduzir esse estiramento muscular. Elas se localizam dispostas paralelamente as fibras musculares, denominadas Fibras Intrafusais, as quais são compostas de uma área central sensível ao alongamento (área sensorial), que são inseridas na fibra muscular normal a fim de serem capazes de realizar a contração caso necessário (MACEFIELD et al,2018).

A execução do treinamento de força, utilização de exercícios pliométricos e pré-

estiramento apresentam vantagens nesse reflexo de estiramento (RIBEIRO & PEREIRA, 2019).

5.6 Orgão tendinoso de Golgi : A principal função dessa estrutura é a resposta a tensão dentro do tendão, caso essa seja excedida, capaz de diminuí-la. Eles se localizam dentro dos tendões musculares. Funcionam como um mecanismo protetor, caso a tensão seja grande o suficiente para causar uma lesão ao músculo ou tendão, ocorre uma inibição do músculo ativado e a ativação do músculo antagonista, aliviando a tensão muscular, evitando lesões tendíneas ou musculares (LYLE et al,2019).

Dadas as explicações das estruturas, podemos partir para as possíveis adaptações ao sistema nervoso, ocasionadas pelo TR.

5.7 Alterações na Junção Neuromuscular (JNM): As adaptações fisiológicas ao sistema nervoso em humanos geradas pelo TR de alta intensidade são altamente complexas, porém, há estudos que podem nos fornecer informações pertinentes sobre o assunto (TINTIGNAC et al,2015).

Deschenes e colaboradores (2013) nos fornecem evidências da adaptabilidade da JNM a partir de diferentes intensidades de exercício, onde o efeito de treinamento de alta X baixa intensidade foram analisados (em esteiras no músculo sóleo em ratos). Ambas as intensidades de exercício promoveram aumento da área pós sináptica da JNM, porém o treinamento de alta intensidade demonstrou maiores respostas adaptativas (maior dispersão sináptica, maiores ramificações na JNM, dispersão dos receptores de acetilcolina (ACh) na região da placa motora terminal, alterações morfológicas da área).

Contudo, são detectadas alterações significativas no tamanho e tipo de fibras musculares, o que indica possivelmente que o estímulo do TR é capaz de ser efetivo na remodelação da JNM nas fibras de tipo I, podendo esse efeito ser atribuído a hipertrofia da fibra muscular ou a qualquer mudança no perfil de miosina-ATPase (BORZUOLA et al,2020).

5.8 Ganhos iniciais de Força: Os incrementos iniciais de força ocasionados pelo treinamento parecem ser mediados por fatores neurais. Mudanças como aumento da área de secção transversa, aumento da circunferência do segmento, aumento da fibra muscular, entre outros, não tiveram mudanças significativas, o que indica que outros fatores podem estar relacionados ao ganho de força (DEL VECCHIO et al,2019).

Isso se dá pela relação com alguns processos, tais como: Aumento da função neural no músculo, taxa de disparo e recrutamentos fibras, aumento da sincronização das unidades motoras, aumento da ativação da musculatura agonista, redução da ativação da musculatura antagonista, coordenação de todas as unidades motoras e músculos envolvidos no movimento e inibição/ diminuição da ação dos mecanismo protetores (OTG) entre outros (BALSHAW et al,2017).

O tipo de treinamento específico a ser utilizado também pode ser considerado um dos fatores importantes para os incrementos de força iniciais. Devido aos fatores neurais, os programas de alta intensidade (+90% 1RM) mas baixo em volume, podem não ser o mais adequado para estimular o aumento do tecido muscular, mas se apresenta efetivo para as adaptações neurais (TRICOLI, 2013).

Sendo assim, na fase inicial (geralmente de 1 a 8 semanas), a maior contribuição para os aumentos de força vem á partir da melhora e aumento da ativação voluntária do músculo, após esse período que a hipertrofia viria a ser um fator predominante aos incrementos de força (TOIEN et al, 2018).

5.9 Hipertrofia Muscular: Uma das principais e mais comentadas adaptações ao TR é o aumento dos músculos. Esse crescimento, também chamado de hipertrofia muscular se dá pelo aumento do tamanho das fibras musculares individuais. Essa, por sua vez , não tem a mesma magnitude de aumento, sendo dependente do tipo de fibra e padrão de recrutamento (WALTERS, 2017).

A maior parte dos achados demonstra uma hipertrofia mais significativa nas fibras tipo II, seguida das fibras tipo I. Porém, há indicativos que demonstram que essa hipertrofia pode ser seletiva, dependendo do tipo de treinamento que é empregado (PHILLIPS, 2014).

De maneira geral, os treinamentos de alta intensidade e baixo volume demonstram maior afinidade seletiva para fibras do tipo II, enquanto programas de alto volume e baixa intensidade demonstram maior afinidade seletiva para fibras do tipo I (SCHOENFELD et al,2017).

A hipertrofia muscular é um dos principais marcadores das adaptações ao treinamento, entretanto, o músculo deve ser recrutado em sua totalidade a fim de que se promova o aumento protéico,e assim o aumento do tamanho da fibra (HENDRICKS

et al, 2019).

5.10 Síntese Protéica: A hipertrofia muscular é o resultado do aumento de síntese proteica, diminuição da degradação proteica ou da combinação de ambos. Após a sessão de treinamento, a síntese de proteínas eleva-se, quando isso se sobressai a quantidade de proteínas degradadas, então o balanço energético é positivo e a hipertrofia ocorre (MCGLORY et al, 2017).

A síntese de proteínas após exercícios resistidos pode ser altamente dependente da disponibilização de aminoácidos, ingestão protéica, concentrações e regulações dos níveis hormonais (como insulina, GH, IGF-1, Testosterona), entre outros fatores (TROMMELEN et al, 2019).

6. Adaptações Endócrinas

O TR é capaz de promover diversos efeitos (agudos e crônicos) adaptações estas importantes para aumento de força, desempenho e hipertrofia muscular (KRAEMER & RATAMESS, 2005).

O Sistema Endócrino é um dos principais responsáveis pelas alterações agudas e pelo remodelamento muscular. O TR é capaz de induzir aumento nas concentrações hormonais, sendo este aumento capaz de gerar respostas no aumento da disponibilidade de receptores hormonais, além das alterações celulares como aumento da síntese protéica (SCHOENFELD, 2016).

Os hormônios podem atuar em diversos mecanismos de ação, gerando efeito em quase toda função fisiológica do organismo. Síntese de enzimas, transporte e crescimento celular, síntese de proteínas e função reprodutiva são apenas alguns dos efeitos mediados em partes pela ação hormonal (MATSUSE et al, 2010).

O sistema neuroendócrino (relação entre o sistema nervoso e os hormônios) é um potencial e importante sistema fisiológico relacionado às adaptações ao TR. O tipo de treinamento a ser realizado também irá interferir nas adaptações e respostas hormonais, como por exemplo aumento nas concentrações circulantes de hormônio após o exercício (LEITE et al, 2011).

Compreender como essas ações anabólicas naturais ocorrem no organismo são fundamentais para a recuperação adequada, planejamento e progressão do treinamento e por fim a melhora no desempenho físico (SOKOLOFF et al, 2016).

Alguns hormônios já estão bem estabelecidos quando se trata do envolvimento no desempenho e desenvolvimento muscular. A Testosterona, Hormônio do Crescimento (GH), Fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) e Insulina são os principais (SCHOENFELD, 2016).

Há ainda a necessidade de mais estudos relacionando a ação hormonal frente ao TR. Com isso, iremos abordar sobre o hormônio GH individualmente, a fim de compreender melhor seus mecanismos de ação ao TR.



6. Hormônio de Crescimento (GH)

O GH ou Somatotropina é um hormônio polipeptídico secretado pela adeno-hipófise de maneira pulsátil (em pulsos de 3 a 6 horas por dia), sendo os maiores níveis de secreção durante o sono. No hipotálamo a secreção de GH é regulada por 3 hormônios peptídicos: GHRH (hormônio de 44 aminoácidos, necessário para iniciar os pulsos de liberação do GH), SRIH ou Fator de Inibição da Liberação de Somatotropina (modula a amplitude dos pulsos de GH e Grelina), GHS-R (hormônio peptídico de 28 aminoácidos que afeta a secreção de GH através do receptor GHS no hipotálamo e circulação) (THOMAS et Al., 2013).

Ele atua especialmente como um agente de degradação no metabolismo lipídico, estimula a captação e incorporação de aminoácidos nas proteínas (incluindo as musculares), diminui a síntese de glicogênio e utilização da glicose, aumenta síntese protéica, contraregulador de hormônios catabólicos, entre outros (SCHOENFELD, 2013).

O GH é liberado na circulação periférica, onde irá se ligar com os receptores específicos na membrana das células alvo. A secreção de GH induzida pelo exercício começa a ser liberada entre 10 e 20 minutos pós exercício, com picos de concentração ocorrendo logo após o início do TR. Durante e após a realização do exercício, o GH pode influenciar ou ser influenciado por algumas variáveis das chamadas Demandas Fisiológicas, como aumento das concentrações de lactato, aumento das concentrações de íons hidrogênio (H⁺), mudanças na disponibilidade e demanda de O₂, sinais aferentes dos receptores metabólicos musculares, liberação de catecolaminas e mudanças na temperatura corporal (THOMAS et Al., 2013).

Altas correlações são feitas entre o lactato sanguíneo e concentrações séricas de GH, onde é proposto que o acúmulo de H⁺ (gerado pela acidose láctica) seja um fator na liberação de GH. Outros fatores como Hipóxia, alterações ácido-básicas e catabolismo protéico foram apontados com influências na liberação de GH, demonstrando que as demandas metabólicas do TR tem papel significativo nas concentrações e liberação do GH (BAECHLE, 2008).

a. Relação do Treinamento Resistido e GH

Fatores como volume de treinamento, tempo de intervalo entre as séries, intensidade do treinamento e fatores nutricionais parecem interferir diretamente nas concentrações de GH (KRAEMER et al, 2017).

Programas de treinamento com intensidade moderada/máxima e alto volume, com curtos intervalos de descanso entre as séries aparentemente apresentam maiores efeitos na resposta do GH, possivelmente devido às altas demandas metabólicas características do exercício (SCHOENFELD, 2016).

Um estudo foi realizado com o intuito de comparar diferentes intensidades de exercícios (70 a 80% de 1RM) e seus possíveis efeitos pós realização em relação aos níveis de concentração de GH. Foi possível observar que os níveis hormonais de GH tiveram um aumento na concentração plasmática no período de recuperação após o exercício (HASANI-RANJBAR, 2012).

Outro estudo que demonstra os efeitos da intensidade do exercício nos níveis de concentração de GH foi feito por Leite e colaboradores (2011). O estudo baseava-se em realizar 2 sessões de supino inclinado, pulley frente, extensão de joelho, flexão de joelho e leg press pelos voluntários. A primeira sessão consistia em 3 séries com 80% de 6RM e a segunda de 3 séries a 80% de 12RM, ambas com dois minutos de intervalo entre cada série. Como resultado foi observada elevação na concentração de GH em ambas as intensidades logo após a realização do exercício, porém com 80% de 12RM os aumentos hormonais foram mais significativos.

Outro fator relevante para o aumento da concentração de GH é o tipo de exercício realizado. Foi comparado o aumento de GH entre dois protocolos de treinamento, o chamado Excêntrico e Tradicional. Foi possível relatar maiores alterações na concentração de GH a partir do protocolo Excêntrico (YARROW et al, 2007).

A variável de intervalo entre as séries também parece ter influência nas concentrações hormonais. Observou-se através de um estudo o comportamento do GH imediatamente após a realização do exercício e após 30 minutos, sendo estes a 85% de 1RM por 4 séries, tendo intervalos de 60, 90 e 120 segundos entre cada uma delas. O resultado demonstrou que quanto menor for o intervalo, maior sobrecarga ele irá promover, aumentando assim os níveis de GH (RAHIMI et al, 2010).

Quando falamos de indivíduos com deficiência de GH logo podemos associar a redução de massa muscular, e por consequência uma redução nos níveis de força muscular. Em relação a massa muscular, quanto maior for a demanda de trabalho de um ou mais grupamentos musculares, maior resposta adaptativa de GH será possível obter, dado o aumento de esforço para realização do exercício (WIDDOWSOW et al, 2009).

O estudo de Widdowsow e colaboradores (2009) foi capaz de demonstrar aumentos significativos de GH com a realização de leg press em comparação ao supino reto, especialmente no processo de recuperação após o exercício.

As adaptações nos níveis de GH podem afetar outros hormônios, além da massa

muscular. Achados que demonstram alterações nos níveis de Insulina, ocasionados pela diminuição de seus receptores, pela alta regulação da glicemia ocasionada pelo GH (SILVA et al, 2014).

Em relação as respostas adaptativas de GH em homens jovens e idosos podem haver diferenças. Um estudo verificou possíveis aumentos na concentração plasmática de GH imediata e após 15 minutos da realização do treinamento. Esse por sua vez consistia em 6 exercícios realizados por 3 séries de 15 repetições com intensidade e 60% de 1RM, tendo 90 segundos de intervalo entre as séries. Constatou-se que o aumento de GH ocorreu em ambas as idades, porém, nos homens jovens os aumentos foram mais significativos (SMILIOS et al, 2007).

O pressuposto foi de que as menores respostas nos idosos se davam pela menor ativação muscular durante a prática física ocasionada pela sarcopenia (diminuição de massa muscular ocasionada pelo envelhecimento) ou pela diminuição da capacidade anaeróbica, tendo vista que a concentração de lactato também foi menor, comparado aos homens jovens (SMILIOS et al, 2007).

A utilização do TR mostrou-se benéfica para indivíduos com deficiência de GH, podendo ser utilizada como uma alternativa de tratamento não farmacológico para elevar as concentrações hormonais próximos ou até á níveis normais, suprimindo assim a necessidade fisiológica hormonal para perfeito funcionamento dos sistemas metabólicos do organismo (WIDDOWSOW et al, 2009).

7. Fator de Crescimento Semelhante á Insulina (IGF-1)

O fator de crescimento semelhante á insulina tipo 1, também chamado de IGF-I é caracterizado por células semelhantes a Insulina e é responsável por mediar muitas das ações do hormônio GH. Esta proteína é categorizada como Polipeptídico, sendo sintetizada principalmente pelo fígado em resposta a síntese de DNA gerada pelo GH, podendo ser produzido também em tecidos extra hepáticos, como nos músculos em resposta aos estímulos mecânicos (CREWETHER et al,2006).

Para que possa ser feita a distinção de ambos os tipos, podemos nos referir ao IGF-I como IGF-IEa quando secretado pelo fígado e Fator de Crescimento Mecânico (MGF) quando secretado pelo músculo esquelético (CREWETHER et al, 2006).

Apesar do sistema de IGF-I ser frequentemente caracterizado apenas como um intermediário para ação do GH, esse sistema está envolvido na regulação de outros processos celulares que são totalmente independentes do GH (Schoelfeld, 2013).

Além de atuar localmente em tecidos e células (mecanismos autócrino e parácrino), ele ainda irá surtir efeitos metabólicos como ativação, proliferação e diferenciação de células satélites, estimulação e captação de aminoácidos, síntese protéica, reparação de danos teciduais, redução de respostas inflamatórias, aumento da sensibilidade a insulina, entre outros (KRAEMER et al, 2017).

Quase em sua totalidade, as moléculas de IGF-I teciduais, ou seja, MGF, estão ligadas a proteínas transportadoras, as chamadas IGFBPs. Essas proteínas são capazes de regular a disponibilidade de IGF-I através do prolongamento de sua meia-vida na circulação sanguínea (em torno de 12 á 15 horas), além de controlar seu transporte e seu potencial efeito hipoglicemiante, por limitar a concentração de moléculas livres (BARTON, 2006).

Atualmente é sugerido que o MGF seja um fator mais relevante para o processo de crescimento muscular, em comparação as isoformas sistêmicas de IGF-I. Esse pressuposto parte do ideia de que o MGF irá atuar no início do processo recuperativo pós exercício, atuando em sua maior parte na reparação tecidual e acreção de proteínas musculares (HARRIDGE, 2007).

Um estudo realizado por Bamman e colaboradores (2007) corrobora essa visão. Nesse estudo foram divididos 66 indivíduos em: Responsíveis extremos (hipertrofia da miofibrila em média de 58%), Responsíveis moderados (hipertrofia da miofibrila em média de 28%) e Não Responsíveis (sem aumento na hipertrofia da miofibrila), dados esses a partir de um programa de treinamento resistido de 16 semanas para musculatura extensora de joelho.

Os resultados foram analisados através de biopsia, onde foi observado que o MGF no caso dos Responsíveis Extremos tiveram um aumento de 126%, diferente do caso

dos Não Resposíveis, onde as concentrações de MGF permaneceram sem alterações. Isso sugere que as altas elevações transitórias no MGF induzidas pelo treinamento são possíveis vestígios de adaptações hipertróficas (BAMMAN et al, 2007).

Dessa forma, o IGF-I sistêmico pode se relacionar com a hipertrofia de modo inicial a partir da regulação das células satélites, atuando na sua estimulação e diferenciação após o miotrauma, o que irá acarretar no crescimento de novas proteínas as fibras musculares para serem utilizadas no processo de recuperativo (VELLOSO, 2008).

a. Relação do Treinamento Resistido e IGH-I

As concentrações de IGF-I em relação ao treinamento aparentam ser influenciadas, tanto após o exercício como no período de repouso, ocasionadas por diversos fatores. Uma delas é relacionada ao tipo de ação muscular a ser realizada, podendo ela ser concêntrica, excêntrica ou isométrica. Além disso, a carga de treinamento parece ter grande influência (GARMA et al, 2007).

No estudo feito por Garma e colaboradores (2007) foram divididos quatro grupos, sendo eles: controle, concêntrica, excêntrica e isométrica. Esses grupos foram submetidos a eletroestimulação (frequência de aproximadamente 57 Hz) nos músculos gastrocnêmio e sóleo de maneira unilateral, ou seja, um membro realizava o treinamento e era submetido a eletroestimulação enquanto o membro contra-lateral não realizava treinamento.

Foi possível observar que a mesma produção de força foi gerada em ambas as ações musculares, assim como o acúmulo de mRNA foi semelhante para o IGF-I. Porém, o mRNA do membro treinado obteve um aumento mais significativo em comparação ao membro não treinado. Ainda sim deve ser levado em consideração que as ações musculares foram analisadas isoladamente, diferentemente da interação que elas apresentam em um programa de treinamento de musculação convencional.

O TR praticado por idosos também apresenta possíveis correlações nos parâmetros hormonais. Kraemer e colaboradores (2017) realizaram 10 semanas de treinamento com jovens e idosos e averigaram os níveis hormonais após esse período. Os indivíduos jovens demonstraram aumento da área de secção transversa e desenvolvimento de força muscular (apesar de não demonstrarem aumentos nas concentrações de IGF-I ou proteínas transportadoras IGFBP-3).

Em contrapartida, quando comparado com os indivíduos jovens, os idosos demonstraram elevações menos significativas nesses fatores, podendo estar relacionado a sarcopenia em decorrência da idade, porém, mesmo que pequenas, eles obtiveram melhoras no quesito força muscular e área de secção transversa.

Orsatti e colaboradores (2008) também realizaram um estudo que corrobora com esses efeitos. Foi comparada a resposta hormonal frente ao efeito do TR realizado por 43 idosas sedentárias, sendo estas divididas em dois grupos: Grupo controle e Grupo do Treinamento Resistido. O treinamento por sua vez gerou efeitos significativos na elevação da concentração de IGF-I, massa e força muscular.

O aumento nas concentrações de IGF-I foi atribuído ao aumento de massa muscular, sendo que este tecido é capaz de estimular a proliferação de células satélites (precuroras do processo de recuperação e regeneração da musculatura após o exercício). Com isso os autores atribuíram que os aumentos tanto de massa como de força muscular são mediados possivelmente através do IGF-I.

Apesar dos estudos já realizados, as respostas do IGF-I em relação ao TR ainda necessitam de mais esclarecimentos. Alterações durante e logo após a realização do exercício são demonstradas em diversos estudos, porém necessitam de mais aprofundamento, tendo vista que há necessidade de 8 a 16 horas para que haja produção de IGF-I pelo fígado após a estimulação gerada pelo hormônio GH (SCHOENFELD et al, 2016).

Conclusões

A partir dos estudos e bases científicas citadas anteriormente, é possível concluir que o TR é capaz de gerar alterações nos níveis endógenos de GH, elevando seus níveis agudos imediatamente após o exercício e posteriormente no período recuperativo.

Programas de treinamento de intensidade moderada/máxima, alto volume, curtos intervalos de descanso apresentam maiores efeitos na liberação de GH, possivelmente devido as altas demanda metabólicas.

Dessa forma, o TR realizado dentro dos parâmetros ideais, com a periodização correta das variáveis de treinamento, período de recuperação adequado e aporte nutricional suficiente é possível obter melhoras nos níveis hormonais não apenas de GH, mas de outros hormônios (como o IGF-I), podendo acarretar em melhores respostas hipertróficas.

É importante salientar que esses aumentos não chegaram atingir níveis supra fisiológicos, como ocorre no caso da administração exógena do hormônio recombinante GH. Porém, o treinamento mostrou-se eficaz para suprir as necessidades básicas e aumentos á níveis normais, além das alterações morfológicas como a hipertrofia muscular e alterações metabólicas , como melhora na resistência ao lactato sanguíneo e maior sensibilidade a Insulina.

Referências Bibliográficas

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). **Position satand: Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise.** Medicine & Science in Sports & Exercise, 2011.

BAMMAN M.M; PETRELLA J.K; KIM J.S; MAYHEW D.L; CROSS J.M. **Cluster analysis tests the importance of myogenic gene expression during myofiber hyperthophy in humans.** Journal of applied physiology, v. 102, n. 6, p. 2232-2239, 2007.

BARCELOS L.C; NUNES P.R.; ORSATTI F.L. **Variáveis do treinamento de força, oclusão vascular e hipertrofia muscular: uma breve revisão da literatura.** RBPFEEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, v.10, n. 61, p. 592-5601, 2016.

BORZUOLA R; GIOMBINI A; TORRE G; CAMPI S; ALBO E; BRAVI M; BORRIONE P; FOSSATI C; MACALUSO A. **Central and Peripheral Neuromuscular Adaptations to Angeing.** J. Clin. Medicine, v. 9, n. 3, p. 741, 2020.

BALSHAW T.G; MASSEY G.J; MADEN-WILKINSON T.M; FOLLAND J.P. **Muscle size and strenght: Debunking the completely separate phenomena suggestion.** Eur J Appl Physiol, v.117, n. 6, p. 1275-1276, 2017.

BARTON E.R. **The ABCs of IGF-I isoforms: impact on muscle hypertrophy and implications for repair.** Applied Physiology, Nutrition and Metabolism, v. 31, n. 6, p. 791-797, 2006.

BAECHLE T; THOMAS R; EARLE R. **Essentials of strength training and conditioning.** Human Kunetics, 2008.

CANO SOKOLOFF N; MISRA M; ACKERMAN K.E. **Exercise, training and the hypothalamic pituitary gonadal axis in men and women.** Front Horm Res, v. 47, p. 27-43, 2016.

CORVINO R.B; CAPUTO F; OLIVEIRA A.C; GRECO C.C; DENADAI B.S. **Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares.** Rev. Brasileira de Medicina do Esporte, v. 15, p. 427-431, 2009.

COSTANZO L.S. **Fisiologia.** Rio de Janeiro: Elsevier, p. 389-400, 2007.

CREWETHER B; CRONIN J; KEOGH J. **Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses.** Sports Med, v.36, n.1, p. 65-79, 2006.

DAMMAS F; PHILLIPS S; VECHIN F.C; UGRINOWITSCH C. **A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy.** Sports Med, v. 45, n. 6, p. 801-807, 2015.

DEL VECCHIO A; CASOLO A; NEGRO F; SCORCELLETTI M; BAZZUCCHI I; ENOKA R; FELICI F; FARINA D. **The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding.** J Physiol, v. 597, n. 7, p. 1873-1887, 2019.

DESCHENES, M. R.; HURST, T. E.; RAMSER, A. E.; SHERMAN, E. G. **Presynaptic to postsynaptic relationships of the neuromuscular junction are held constant across age and muscle fiber type.** Developmental Neurobiology, v. 73, n. 10, p. 744-753, 2013.

DORGO S; KING G.A; RICE C.A. **The effects of manual resistance training on improving muscular strength and endurance.** Journal of Strength Conditioning Research, v. 23, n. 1, p. 293-303, 2009.

FINK J; SCHOENFELD B.J; NAKAZATO K. **The role of hormones in muscle hypertrophy.** Phys Sportsmed, v. 46, n. 1, p. 128-134, 2010.

FLECK, Steven J; KREAMER, WILLIAM J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular.** Artmed Editora, 2017.

GARMA T; KOBAYASHI C; HADDAD F; ADAMS G.R; BODELL P.W; BALDWIN K.M. **Similar acute molecular responses to equivalent volumes of isometric, lengthening, or shortening mode resistance exercise.** Journal of applied physiology, v. 102, n. 1, p. 135-143, 2007.

GUYTON A.C; HALL J.E. **Tratado de fisiologia médica.** Rio de Janeiro: Elsevier, p. 861-874, 2006.

HARRIDGE S.D. **Plasticity of human skeletal muscle: gene expression to in vivo function.** Exp Physiol, v. 92, n. 5, p. 783-797, 2007.

HASANI-RANJBAR S; NAYEBI N; MORADIL; MEHRI A; LARIJANI B; ABDOLLAHI M. **The efficacy and safety of herbal medicines used in the treatment of**

- hyperlipidemia; a systematic review.** *Curr Pharm Des*, v. 16, n. 26, p. 2935-1947, 2010.
- HENDRICKSE P; DEGENS H. **The role of the microcirculation in muscle function and plasticity.** *J Muscle Res Cell Motil*, v. 40, n. 2, p. 127-140, 2019.
- HEPPLE R.T; RICE C.L. **Innervation and neuromuscular control in ageing skeletal muscle.** *J Physiol*, v.594, n. 8, p. 1965-1978, 2015.
- KRAEMER W.J; RATAMESS N.A. **Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training.** *Sports Medicine*, v. 35, n. 4, p. 339-361, 2005.
- KRAEMER W.J; RATAMESS N.A; NINDL B.C. **Recovery responses of testosterone, growth hormone, and IGF-I after resistance exercise.** *J Appl Physiol*, v. 122, n. 3, p. 549-558, 2017.
- KRAEMER W.J; RATAMESS N.A; HYMER W.C; NINDL B.C; FRAGALA M.S. **Growth Hormone(s), Testosterone, Insulin-Like Growth Factors, and Cortisol: Roles and Integration for Cellular Development and Growth With Exercise.** *Front Endocrinol (Lausanne)*, v. 11, p. 33, 2020.
- LEITE R.D; PRESTES J; ROSA C; DE SALLES B.F; MAIOR A; MIRANDA H; SIMÃO R. **Acute effect of resistance training volume on hormonal responses in trained men.** *Sports Med Phys Fitness*, v.51, n.2, p. 322, 2011.
- LYLE M.A; RICHARDS N. **Evaluating intermuscular Golgi tendon organ feedback with twitch contractions.** *The Journal of Physiology*, v. 597, n. 17, p. 4627-4642, 2019.
- MACEFIELD V.G; KNELLWOLF T.P. **Functional properties of human muscle spindles.** *Journal of Neurophysiology*, v. 120, n. 2, p. 452-467, 2018.
- MAIOR A.S. **Fisiologia dos exercícios resistidos.** São Paulo: Phorte, 2013.
- MATSUSE H; NAGO T; TAKANO Y; SHIBA N. **Plasma growth hormone is elevated immediately after resistance exercise with electrical stimulation and voluntary muscle contraction.** *Tohoku Exp Med*, v. 222, n. 1, p. 69-75, 2010.
- MCGLORY C; DEVRIES M.C; PHILLIPS S.M. **Skeletal muscle and resistance exercise training; the role of protein synthesis in recovery and remodeling.** *J Appl Physiol*, v. 122, n. 3, p. 541-548, 2017.

MURER , Evandro. **Treinamento de força: saúde e performance humana**. Sao paulo: Malorgio studio, 2019.

OLIVEIRA R. & BRITO J. **Periodização e técnicas avançadas de treino da força**. Centro de Investigação em Qualidade de Vida – CIEQV, 2020.

ORSATTI F.L; NAHAS E.A; MAESTA N; NAHAS-NETO J; BURINI R.C. **Plasma hormones, muscle mass and strength in resistance trained postmenopausal women**. Maturitas, v. 59, n. 4, p. 394-404, 2008.

PHILLIPS S.M. **A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy**. Sports Medicine, v. 44, n. 1, p. 71-77, 2014.

RAHIMI R; GHADERI M; MIRZAEI B; FARAJIH. **Acute IGF-I, cortisol and creatine kinase responses to very short rest intervals between sets during resistance exercise to failure in men**. Word Applied Sciences Journal, v. 8, n. 10, p. 1287-1293, 2010.

SANTOS, V.M. **Métodos de periodização no treinamento para hipertrofia**. In: Congresso Internacional de Atividade Física, Nutrição e Saúde, 2016.

SCHOENFELD B.J. **Postexercise hypertrophic adaptations: a reexamination of the hormone hypothesis and its applicabil-ity to resistance training program design**. J Strength Cond Res , v. 27, n. 6, p. 1720-1730, 2013.

SCHOENFELD B.J; GRGIC J; OGBORN D; KRIEGER J.W. **Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High- load resistance training: A systematic review and meta-analysis**. J Strength Cond Res, v. 31, n. 12, p. 3508-3523, 2017.

SCHOENFELD B.J; OGBORN D; KRIEGER J.W. **Effects of resistance training frequency on measures of muscle hyperthophy: A systematic review and meta-analysis**. Sports Medicine, v. 46, n. 11, p. 1689-1697, 2016.

SHARMAN M.J; CRESSWELL A.G, RIEK S. **Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching**. Sports Medicine, v. 36, n. 11, p. 929-939, 2006.

SMILIOS I; PILIANIDIS T; KARAMOUZIS M; PARLVANTZAS A; TOKMAKIDIS S.P. **Hormonal responses after a strength endurance resistance exercise protocol in young and elderly males**. Int Journal Sports Med, v.28, n. 5, p. 401-406, 2007.

THOMAS , G.A; KREAMER W.J; COMSTOCK B.A; DUNN-LEWIS C; MARESH C. M; and VOLEK J.S. **Obesity, growth hormone and exercise**. Sports Med., v.43, n. 3, p. 839-849, 2013.

THOMAS G.A; KRAEMER W.J; KENNETT M.J. et al. **Immunoreactive and bioactive growth hormone responses to resistance exercise in men who are lean or obese**. J Appl Physiol, v.111, n. 2, p. 465-472, 2011.

TINTIGNAC L.A; BRENNER H.R; RUEGG M.A. **Mechanisms regulation neuromuscular junction development and function and causes of muscle wasting**. Physiological Reviews, v. 95, n. 3, p. 809-852, 2015.

TOIEN T; PEDERSEN H.H; UNHJEM R; HOFF J; WANG E. **Maximal strength training: the impact of eccentric overload**. J Neurophysiol, v. 120, n. 6, p. 2868-2876, 2018.

TRICOLI V. **Papel das ações musculares excêntricas nos ganhos de força e de massa muscular**. Revista da Biologia, 2013.

TROMMELEN J; BETZ M.W; VAN LOON L.J. **The muscle protein synthetic response to meal ingestion following resistance- type exercise**. Sports Medicine, v. 49, n. 2, p. 185-197, 2019.

VELLOSO C.P. **Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I**. British journal of pharmacology, v. 154, n. 3, p. 557-568, 2008.

WALTER J. **Muscle hypertrophy and pseudohypertrophy**. Pract. Neurol., v. 17, n. 5, p. 369-379, 2017.

WIDDOWSON W.M; HEALY M.L; SONKSEN P.H; GIBNEY J. **The physiology of growth hormone and sports**. Growth horm IGF res, v. 19, n. 4, p. 308-319, 2009.

YARROW J.F; et al. **Neuroendocrine responses to an acute bout of eccentric-enhanced resistance exercise**. Medicine and Science in sports and exercise, v. 39, n. 6, p. 941, 2007.

ZARONI R.S; BRIGATTO F.A; SCHOENFELD B; BRAZ T.V; BENVENUTTI J.C; GERMANO M.D et al. **High resistance-training frequency enhances muscle thickness in resistance-trained men**. J Strength Cond Res, v.33, p. S149-s151, 2018.

