RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

Treinamento de força e musculação: bases científicas, adaptações fisiológicas e aplicações metodológicas

Strength training and bodybuilding: scientific foundations, physiological adaptations and methodological applications

Aline Sthefany Souza Bouto Barros
Bacharel em Educação Física, Centro Universitário Campos de Andrade (2012). Licenciada em Educação Física, Faculdade Alvorada de Educação Física e Desporto (2012) Especialista em Musculação e Treinamento de Força, Universidade de Brasília (2015)

RESUMO
O treinamento de força, também denominado musculação, constitui uma das modalidades de exercício físico de maior relevância no contexto contemporâneo da saúde, do desempenho esportivo e da reabilitação. Este artigo tem por objetivo apresentar uma revisão sistemática das bases científicas que fundamentam o treinamento resistido, discutindo as adaptações fisiológicas promovidas pelos estímulos mecânicos e metabólicos no tecido muscular esquelético, os mecanismos de hipertrofia e ganho de força, bem como as principais metodologias de prescrição utilizadas na prática clínica e esportiva. A revisão abrange aspectos relacionados à fisiologia do músculo esquelético, neuroadaptações, variáveis de treinamento, princípios de periodização, aplicações em populações especiais e protocolos baseados em evidências. A análise da literatura demonstra que o treinamento de força, quando prescrito com rigor científico, promove adaptações profundas nos sistemas muscular, ósseo, endócrino e cardiovascular, com impactos positivos na composição corporal, na qualidade de vida e na longevidade. Conclui-se que a sistematização e a periodização do treinamento resistido são determinantes para a obtenção de resultados seguros e eficazes em diferentes contextos populacionais.
Palavras-chave: Treinamento de força. Musculação. Hipertrofia muscular. Periodização. Fisiologia do exercício.

ABSTRACT
Strength training, also known as bodybuilding or resistance training, is one of the most relevant forms of physical exercise in the contemporary context of health, sports performance and rehabilitation. This article presents a systematic review of the scientific foundations of resistance training, discussing the physiological adaptations induced by mechanical and metabolic stimuli in skeletal muscle tissue, the mechanisms underlying hypertrophy and strength gains, and the main prescription methodologies used in clinical and sports practice. The review covers aspects related to skeletal muscle physiology, neuroadaptations, training variables, periodization principles, applications in special populations and evidence-based protocols. Analysis of the literature demonstrates that strength training, when prescribed with scientific rigor, promotes profound adaptations in the muscular, bone, endocrine and cardiovascular systems, with positive impacts on body composition, quality of life and longevity. It is concluded that the systematization and periodization of resistance training are determinants of safe and effective results across different population contexts.
Keywords: Strength training. Bodybuilding. Muscle hypertrophy. Periodization. Exercise physiology.

1 INTRODUÇÃO

O treinamento resistido, popularmente conhecido como musculação, emergiu ao longo das últimas décadas como uma das formas mais estudadas e aplicadas de exercício físico

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

estruturado. Sua relevância científica consolidou-se a partir do crescente interesse de pesquisadores em compreender os mecanismos pelos quais o músculo esquelético responde às sobrecargas mecânicas impostas durante o exercício contra resistência. O conjunto de evidências acumuladas nas últimas décadas demonstra que os benefícios do treinamento de força transcendem os objetivos estéticos ou de desempenho atlético, alcançando dimensões clínicas e preventivas de grande importância para a saúde pública (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009).

A compreensão dos fundamentos fisiológicos do treinamento de força requer o domínio de conceitos relacionados à bioquímica da contração muscular, à morfologia das fibras musculares, à neurofisiologia do movimento e aos mecanismos adaptativos em resposta ao estresse físico. A hipertrofia muscular, entendida como o aumento da secção transversa das fibras musculares, é mediada por vias de sinalização celular que envolvem a ativação de fatores de crescimento, a síntese proteica e a regulação da degradação miofibrilar. Tais processos são diretamente influenciados pela intensidade, volume, frequência e tipo de exercício prescritos, o que torna a periodização uma ferramenta indispensável na elaboração de programas de treinamento eficazes (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

Nesse contexto, o presente artigo propõe uma revisão integrativa da literatura científica sobre o treinamento de força e a musculação, com ênfase nos mecanismos fisiológicos de adaptação muscular, nas variáveis de prescrição do exercício resistido e nas aplicações metodológicas em diferentes populações. A sistematização do conhecimento produzido nessa área contribui para o aperfeiçoamento da prática profissional em Educação Física, subsidiando a elaboração de programas de treinamento simultaneamente seguros, eficazes e individualizados.

2 FISIOLOGIA DO MÚSCULO ESQUELÉTICO E MECANISMOS DE CONTRAÇÃO

O músculo esquelético é uma estrutura altamente organizada, composta por fibras musculares individuais que contêm os elementos contráteis denominados miofilamentos de actina e miosina. Cada fibra muscular é uma célula multinucleada, cuja unidade funcional é o sarcômero, responsável pela geração de força durante a contração. O processo de contração muscular é iniciado pelo potencial de ação propagado pelos neurônios motores, que estimula a liberação de cálcio do retículo endoplasmático, permitindo a interação entre a actina e a miosina por meio do ciclo das pontes cruzadas (POWERS; HOWLEY, 2014).

As fibras musculares esqueléticas são classificadas em dois grandes grupos funcionais: fibras de contração lenta, denominadas tipo I, e fibras de contração rápida, denominadas tipo II, sendo

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

estas subdivididas em tipo IIa e tipo IIx. As fibras do tipo I apresentam elevada resistência à fadiga, alta densidade de mitocôndrias e maior capacidade oxidativa, sendo predominantemente recrutadas em exercícios de baixa intensidade e longa duração. Em contraste, as fibras tipo II possuem maior velocidade de contração, maior capacidade de gerar força máxima e menor resistência à fadiga, sendo prioritariamente ativadas em exercícios de alta intensidade e curta duração, como os realizados no treinamento de força (FLECK; KRAEMER, 2017).

O princípio do tamanho, proposto por Henneman, estabelece que as unidades motoras são recrutadas em ordem crescente de tamanho, com as menores sendo ativadas primeiro e as maiores sendo progressivamente incorporadas à medida que aumenta a demanda de força. Esse princípio tem implicações diretas para a prescrição do treinamento resistido, pois indica que o recrutamento das fibras tipo II, com maior potencial de hipertrofia, requer o uso de cargas de intensidade moderada a alta. A compreensão da biomecânica do recrutamento de unidades motoras é, portanto, fundamental para a otimização dos protocolos de musculação (ENOKA; DUCHATEAU, 2008).

O tecido muscular apresenta propriedades elásticas e viscoelásticas que influenciam a produção e a transmissão de força durante o movimento. O componente elástico em série, localizado nos tendões e na titina, e o componente contrátil, representado pelo complexo actina-miosina, interagem dinamicamente durante as contrações excêntricas, concêntricas e isométricas. A utilização do ciclo alongamento-encurtamento, característico de movimentos explosivos, potencializa a produção de força por meio do armazenamento e liberação de energia elástica nos tecidos conectivos, sendo amplamente explorada em modalidades de treinamento de força de alta velocidade (KOMI, 2003).

Do ponto de vista metabólico, o treinamento de força ativa predominantemente o sistema ATP-PC e a via glicolítica anaeróbia na produção de energia, devido à curta duração e à alta intensidade dos esforços realizados. O acúmulo de lactato e íons de hidrogênio durante séries de repetições até a fadiga constitui um dos mecanismos metabólicos associados ao estímulo hipertrófico, embora seu papel exato no processo de adaptação muscular ainda seja objeto de debate na literatura especializada. A compreensão do metabolismo energético durante o exercício resistido é essencial para a prescrição adequada de intervalos de recuperação e volume de treinamento (HOWLEY; POWERS, 2014).

3 MECANISMOS MOLECULARES DA HIPERTROFIA MUSCULAR

A hipertrofia muscular esquelética resulta de um balanço positivo entre a síntese e a degradação

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

proteica, condicionado pela magnitude e pela frequência dos estímulos de treinamento. O principal mecanismo intracelular associado à hipertrofia é a ativação da via mTORC1 (mechanistic target of rapamycin complex 1), que atua como um sensor central de nutrientes e energia, promovendo a síntese de proteínas miofibrilares em resposta a estímulos mecânicos. A tensão mecânica gerada durante a contração muscular ativa mecanorreceptores na membrana celular, desencadeando cascatas de sinalização que culminam na transcrição e tradução de genes relacionados ao crescimento muscular (SCHOENFELD, 2010).

Três mecanismos principais são reconhecidos pela literatura científica como mediadores do processo hipertrófico: a tensão mecânica, o estresse metabólico e o dano muscular. A tensão mecânica, produzida pela carga imposta ao músculo durante o exercício resistido, é considerada o estímulo primário para a ativação das vias de sinalização anabólicas, incluindo a via IGF-1/PI3K/Akt/mTOR. O estresse metabólico, associado ao acúmulo de metabólitos como lactato, fosfato inorgânico e íons de hidrogênio, é proposto como um mecanismo complementar que pode potencializar a síntese proteica por meio do recrutamento adicional de unidades motoras e da liberação de hormônios anabólicos (SCHOENFELD, 2010; KRAEMER; RATAMESS, 2005).

O dano muscular induzido pelo exercício, particularmente por contrações excêntricas, provoca microlesões nas miofibrilas e na membrana sarcoplasmática, desencadeando uma resposta inflamatória local que ativa células satélites, também denominadas células-tronco musculares. As células satélites se proliferam, diferenciam-se e fundem-se às fibras existentes, contribuindo com novos núcleos e, consequentemente, ampliando a capacidade de síntese proteica. Esse processo de regeneração e remodelamento é fundamental para a adaptação hipertrófica a longo prazo, embora o papel quantitativo das células satélites na hipertrofia ainda seja discutido na literatura (LIEBER; FRIDEN, 2002).

A resposta hormonal ao treinamento de força também desempenha um papel relevante na regulação da hipertrofia muscular. A testosterona, o hormônio do crescimento (GH) e o fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) são as principais substâncias anabólicas secretadas em resposta ao exercício resistido de alta intensidade e elevado volume. Estudos demonstram que protocolos de treinamento com múltiplas séries, curtos intervalos de recuperação e cargas moderadas a altas promovem elevações agudas mais expressivas dessas concentrações hormonais, criando um ambiente endócrino favorável à síntese proteica muscular (KRAEMER et al., 1992).

A síntese de proteínas miofibrilares, especialmente da miosina de cadeia pesada, é a principal responsável pelo aumento do volume muscular observado após períodos de treinamento

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

resistido. A taxa de síntese proteica muscular permanece elevada por 24 a 48 horas após uma sessão de treinamento de força, o que ressalta a importância da nutrição proteica no período pós-exercício para a otimização das adaptações hipertróficas. A ingestão adequada de aminoácidos essenciais, especialmente leucina, atua como um potente ativador da via mTORC1, sinergizando com o estímulo mecânico do treinamento na promoção do anabolismo muscular (PHILLIPS; VAN LOON, 2011).

4 NEUROADAPTAÇÕES AO TREINAMENTO RESISTIDO

As adaptações neurais constituem as primeiras e mais rápidas respostas do organismo ao treinamento de força, sendo responsáveis pelos expressivos ganhos de força observados nas fases iniciais de um programa de musculação, antes que qualquer hipertrofia muscular significativa possa ser detectada. Essas adaptações envolvem modificações na eficiência de condução do sinal nervoso, no padrão de recrutamento de unidades motoras e na sincronização da atividade muscular. A melhora na coordenação intermuscular e intramuscular resulta em maior eficiência mecânica durante os movimentos, permitindo que o praticante utilize uma proporção maior de sua massa muscular disponível para a geração de força (AAGAARD et al., 2002).

O aumento da taxa de codificação, ou seja, da frequência de disparo das unidades motoras, é um dos principais mecanismos neurais responsáveis pelo ganho de força nos estágios iniciais do treinamento. Estudos com eletromiografia demonstram que sujeitos treinados apresentam taxas de disparo e padrões de recrutamento significativamente diferentes dos observados em indivíduos destreinados, refletindo a eficiência neural adquirida com o treinamento sistemático.

A redução da inibição autogênica mediada pelos órgãos tendinosos de Golgi, com consequente diminuição da atividade dos interneurônios inibitórios Ib, é considerada um importante mecanismo pelo qual o treinamento de força permite ao músculo gerar tensões mais elevadas durante o exercício máximo (SALE, 1988).

A plasticidade da via córticoespinal em resposta ao treinamento de força tem sido documentada por meio de técnicas de estimulação magnética transcraniana, revelando modificações na excitabilidade cortical e na amplitude dos potenciais motores evocados. O aumento da ativação cortical e a melhora da representação cortical dos músculos treinados são indicativos de reorganização neuroplástica, que sustenta os ganhos de força e coordenação motora observados ao longo de um programa de musculação. Essas evidências reforçam a importância de se considerar os aspectos neurais na prescrição e avaliação do treinamento resistido (CARROLL et

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

al., 2011).

A coativação dos músculos antagonistas diminui progressivamente com o treinamento de força, o que contribui para o aumento líquido da produção de força do músculo agonista. Essa redução na atividade dos antagonistas, embora pareça contraintuitiva do ponto de vista da estabilidade articular, resulta de um ajuste fino do sistema nervoso que reconhece o padrão de movimento treinado como seguro, reduzindo, assim, a ativação protetora dos antagonistas. A modulação da coativação representa, portanto, uma estratégia de otimização neuromuscular que contribui significativamente para os ganhos de força funcional observados no treinamento resistido (AAGAARD, 2003).

A aprendizagem motora associada aos exercícios de musculação envolve processos cognitivos e cerebelares que permitem o refinamento da técnica de execução ao longo do tempo. A memória motora, consolidada pela prática repetida, melhora a eficiência biomecânica dos movimentos e reduz o custo energético de sua execução. A habilidade motora adquirida com o treinamento de força é relativamente específica ao padrão de movimento praticado, o que justifica a importância de selecionar exercícios que contemplem os padrões motores relevantes aos objetivos do praticante ou do atleta (SCHMIDT; WRISBERG, 2010).

5 VARIÁVEIS DE PRESCRIÇÃO DO TREINAMENTO RESISTIDO

A prescrição do treinamento de força envolve a manipulação de diversas variáveis que interagem de forma complexa para determinar o estímulo total imposto ao organismo. As principais variáveis a serem consideradas incluem a intensidade, o volume, a frequência, o intervalo de recuperação, a velocidade de execução, a seleção e a ordem dos exercícios, e o tipo de ação muscular. A intensidade é frequentemente expressa como percentual da repetição máxima (1RM), e a relação entre a intensidade e o número de repetições realizadas constitui a base para a prescrição de diferentes objetivos de treinamento, como força máxima, hipertrofia e resistência muscular localizada (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009).

O volume de treinamento, definido como o produto do número de séries, de repetições e da carga utilizada, é considerado um dos principais determinantes da resposta adaptativa ao exercício resistido. A relação entre volume e resposta hipertrófica segue um padrão de dose-resposta, em que volumes progressivamente maiores proporcionam maiores estímulos ao crescimento muscular, até o ponto em que o excesso de volume resulta em sobretreinamento e queda de desempenho. Estudos recentes indicam que volumes semanais de 10 a 20 séries por grupo muscular são suficientes para maximizar as adaptações hipertróficas em praticantes

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

intermediários e avançados, embora a resposta individual seja altamente variável (SCHOENFELD et al., 2017).

O intervalo de recuperação entre as séries exerce influência significativa sobre o ambiente metabólico e hormonal gerado pelo treinamento, bem como sobre a capacidade de manter a intensidade ao longo da sessão. Intervalos curtos, de 30 a 60 segundos, maximizam o estresse metabólico e a resposta hormonal aguda, enquanto intervalos longos, de 3 a 5 minutos, permitem a recuperação quase completa dos fosfagênios musculares e a manutenção de cargas mais elevadas. A literatura atual indica que para objetivos de hipertrofia, intervalos entre 1 e 2 minutos representam um compromisso eficaz entre a recuperação metabólica e a manutenção do estímulo anabólico (WILLARDSON, 2006).

A frequência de treinamento, expressa como o número de sessões por semana dedicadas a um determinado grupo muscular, interage com o volume de cada sessão para determinar o estímulo total semanal. O debate sobre a frequência ótima de treinamento tem sido amplamente explorado na literatura, com evidências sugerindo que treinar cada grupo muscular pelo menos duas vezes por semana é superior a uma única sessão semanal para a maximização da hipertrofia e do ganho de força. Estratégias de organização do treinamento, como os programas de divisão por grupos musculares ou de corpo inteiro, devem ser selecionadas em função do volume semanal planejado e da capacidade de recuperação do praticante (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016).

A velocidade de execução das repetições, embora frequentemente negligenciada na prescrição do treinamento, influencia o recrutamento de unidades motoras, o tempo sob tensão muscular e o tipo de adaptação promovida. Velocidades de execução mais lentas, especialmente na fase excêntrica, aumentam o dano muscular e o tempo sob tensão, potencialmente amplificando o estímulo hipertrófico. Por outro lado, velocidades explosivas na fase concêntrica maximizam o recrutamento de unidades motoras de alto limiar e são particularmente indicadas para o desenvolvimento de força e potência musculares. A prescrição da velocidade de execução deve, portanto, ser alinhada aos objetivos específicos do praticante e ao estágio de treinamento em que ele se encontra (PAREJA-BLANCO et al., 2017).

6 PERIODIZAÇÃO DO TREINAMENTO DE FORÇA

A periodização é a organização sistemática e planejada do treinamento ao longo do tempo, com o objetivo de maximizar as adaptações, prevenir o sobretreinamento e garantir que o pico de desempenho ocorra no momento desejado. O conceito de periodização tem suas raízes na teoria

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

geral da adaptação de Seyle e no modelo de planejamento desenvolvido pelo cientista soviético Tudor Bompa, tendo sido posteriormente refinado por inúmeros pesquisadores e profissionais da área. A periodização clássica, também denominada linear, prevê a progressão sistemática da intensidade, com redução concomitante do volume, ao longo de ciclos denominados mesociclos, microciclos e macrociclos (BOMPA; HAFF, 2009).

A periodização ondulatória, ou não linear, surgiu como uma alternativa à abordagem clássica, propondo a variação das variáveis de treinamento em intervalos mais curtos, como dentro de uma mesma semana ou até em sessões alternadas. Essa modalidade de periodização visa explorar os diferentes estímulos neuromusculares com maior frequência, prevenindo a adaptação excessiva ao estímulo e potencializando as respostas adaptativas. Estudos comparativos entre as diferentes formas de periodização indicam que ambas produzem resultados significativos, sendo a superioridade de uma sobre a outra dependente de fatores como o nível de treinamento, os objetivos e a modalidade esportiva do praticante (RHEA; ALDERMAN, 2004).

O conceito de periodização por bloco, desenvolvido por Issurin, organiza o treinamento em blocos sequenciais, cada um com objetivos adaptativos específicos e concentrados, como o desenvolvimento da força máxima, da força de velocidade ou da resistência muscular. Essa abordagem visa maximizar as adaptações em cada capacidade biomotora, de forma sequencial, aproveitando os efeitos de transferência entre os blocos para a otimização do desempenho. A periodização por blocos tem encontrado crescente aplicação tanto no contexto do atletismo de alto rendimento quanto na musculação voltada para objetivos estéticos e de saúde (ISSURIN, 2010).

Os princípios da sobrecarga progressiva e da especificidade são fundamentais para qualquer modelo de periodização do treinamento resistido. O princípio da sobrecarga progressiva estabelece que o estímulo de treinamento deve ser continuamente incrementado para que as adaptações sejam mantidas, pois o organismo tende a se acomodar ao nível de esforço ao qual está habitualmente submetido. O princípio da especificidade, por sua vez, determina que as adaptações promovidas pelo treinamento são específicas às características do estímulo imposto, incluindo o tipo de contração muscular, a amplitude de movimento, a velocidade e a magnitude da carga (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009).

O destreino, ou período de destreino, é igualmente relevante na perspectiva de periodização de longo prazo. Estudos demonstram que as adaptações neurais se perdem mais rapidamente durante o destreino do que as adaptações morfológicas, como a hipertrofia muscular. A incorporação de períodos de redução intencional do volume e da intensidade, denominados

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

tapering ou descarga, é uma estratégia amplamente utilizada para promover a recuperação completa do organismo e otimizar o desempenho em momentos específicos, como competições ou avaliações periódicas (MUJIKA; PADILLA, 2000).

7 TREINAMENTO DE FORÇA EM POPULAÇÕES ESPECIAIS

O treinamento resistido apresenta aplicações relevantes em populações com características e necessidades específicas, o que exige adaptações metodológicas que considerem as particularidades fisiológicas, biomecânicas e clínicas de cada grupo. Entre as populações especiais mais estudadas na literatura científica sobre treinamento de força destacam-se os idosos, as mulheres, as crianças e adolescentes, os portadores de doenças crônicas não transmissíveis e os atletas de diversas modalidades esportivas. Em cada um desses grupos, a prescrição do treinamento resistido requer cuidados específicos quanto à seleção de exercícios, à intensidade, ao volume e à progressão da carga (FAIGENBAUM; MYER, 2010).

No envelhecimento, a sarcopenia, definida como a perda progressiva de massa e função musculares, representa um dos principais fatores de risco para a incapacidade funcional, as quedas e a mortalidade em idosos. O treinamento de força tem se consolidado como a intervenção não farmacológica mais eficaz para a prevenção e o tratamento da sarcopenia, promovendo aumentos significativos na massa muscular, na força, no equilíbrio e na capacidade funcional em adultos mais velhos. Protocolos de treinamento resistido adaptados à população idosa devem priorizar a progressão gradual, a segurança articular e a funcionalidade dos exercícios selecionados, com ênfase nos grupos musculares envolvidos nas atividades da vida diária (HUNTER; MCCARTHY; BAMMAN, 2004).

As mulheres respondem ao treinamento resistido de forma qualitativamente semelhante aos homens, embora as diferenças hormonais, especialmente nos níveis de testosterona e estrogênio, resultem em magnitudes de hipertrofia muscular tipicamente menores. O estrogênio, além de seu papel na regulação da composição corporal, exerce efeitos protetores sobre o tecido muscular e ósseo, influenciando a resposta inflamatória ao exercício e a cinética de recuperação muscular. O treinamento de força em mulheres tem demonstrado benefícios adicionais para a saúde óssea, o controle metabólico e a prevenção de condições como a osteoporose e a síndrome metabólica, tornando-o uma estratégia fundamental na promoção da saúde feminina ao longo do ciclo de vida (WEST; PHILLIPS, 2012).

Em crianças e adolescentes, o treinamento de força, quando adequadamente supervisionado e prescrito, é seguro e promove benefícios relacionados ao desenvolvimento motor, à saúde óssea

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

e à aptidão física. A preocupação histórica com possíveis efeitos negativos sobre as cartilagens de crescimento têm sido amplamente refutada pela literatura científica, que demonstra que o risco de lesão no treinamento de força supervisionado é inferior ao observado em diversas modalidades esportivas praticadas nessa faixa etária. As diretrizes internacionais recomendam que a prescrição do treinamento resistido para jovens priorize o aprendizado técnico, a progressão gradual e a supervisão qualificada (FAIGENBAUM; MYER, 2010).

Portadores de doenças crônicas, como diabetes tipo 2, hipertensão arterial, obesidade e doenças cardiovasculares, constituem um grupo para o qual o treinamento de força oferece benefícios terapêuticos amplamente documentados. A melhora da sensibilidade insulínica, a redução da pressão arterial em repouso, a diminuição da adiposidade visceral e a melhora do perfil lipídico são alguns dos efeitos cardiometabólicos positivos associados ao treinamento resistido regular. A prescrição do treinamento de força para essa população deve basear-se em avaliação clínica prévia, adaptando as variáveis de treinamento às limitações e contraindicações específicas de cada condição (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2010).

8 METODOLOGIA, APLICAÇÃO E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

A presente revisão foi conduzida por meio de levantamento bibliográfico nas bases de dados PubMed, SciELO, Google Scholar e LILACS, utilizando os descritores em português e inglês: treinamento de força, musculação, hipertrofia muscular, periodização, fisiologia do exercício, strength training, resistance training e muscle hypertrophy. Foram selecionados artigos originais, revisões sistemáticas, metanálises e diretrizes publicados entre 1988 e 2023, com prioridade para estudos de alto nível de evidência científica. Os critérios de inclusão contemplaram estudos com amostras humanas, publicados em periódicos indexados e que abordassem os temas de fisiologia do treinamento resistido, prescrição de exercícios e adaptações ao treinamento de força.

A avaliação da força muscular e das adaptações ao treinamento pode ser realizada por meio de diferentes métodos, cada um com suas vantagens e limitações específicas. O teste de uma repetição máxima (1RM) é considerado o padrão-ouro para a avaliação da força máxima em exercícios específicos, oferecendo elevada validade ecológica e sendo amplamente utilizado tanto na pesquisa quanto na prática clínica e esportiva. Métodos indiretos, como o teste de repetições máximas com cargas submáximas, oferecem alternativas mais seguras para populações com contraindicação ao esforço máximo, embora apresentem menor precisão na estimativa da 1RM. A dinamometria isocinética, embora mais sofisticada e onerosa, permite

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

avaliar a função muscular em velocidades e ângulos articulares específicos, com relevância particular em contextos de reabilitação (BROWN, 2000).

A mensuração da composição corporal por meio de técnicas como a densitometria por dupla emissão de raios X (DEXA), a ressonância magnética e o ultrassom muscular permite a quantificação direta das adaptações morfológicas ao treinamento resistido, incluindo a massa muscular e a gordura corporal. A antropometria e a bioimpedância elétrica, embora menos precisas, constituem alternativas acessíveis para o monitoramento periódico da composição corporal em contextos práticos. A escolha do método de avaliação deve ser guiada pelos objetivos da avaliação, pelos recursos disponíveis e pelas características da população avaliada, garantindo a validade e a reprodutibilidade das medidas ao longo do tempo (HEYWARD; WAGNER, 2004).

CONCLUSÃO

O treinamento de força e a musculação representam campos do conhecimento científico em constante expansão, cujas bases fisiológicas, moleculares e metodológicas têm sido progressivamente elucidadas pela pesquisa acadêmica nas últimas décadas. A revisão da literatura apresentada neste artigo evidencia que os benefícios do treinamento resistido são amplos, multissistêmicos e de grande relevância tanto para a saúde quanto para o desempenho esportivo, o que justifica sua recomendação por diretrizes internacionais de saúde pública como componente essencial de um estilo de vida fisicamente ativo.

Os mecanismos fisiológicos subjacentes às adaptações ao treinamento de força são complexos e interdependentes, envolvendo respostas neurais, hormonais, celulares e moleculares que interagem de forma dinâmica para determinar o resultado adaptativo final. A compreensão dessas vias de sinalização é indispensável para a fundamentação científica da prescrição do exercício resistido, permitindo que o profissional de Educação Física tome decisões baseadas em evidências ao elaborar programas de treinamento individualizados.

A hipertrofia muscular, resultante do balanço positivo entre síntese e degradação proteica, é mediada por múltiplos estímulos, sendo a tensão mecânica o fator primordial, complementado pelo estresse metabólico e pelo dano muscular. A manipulação consciente dessas variáveis, por meio da prescrição criteriosa da intensidade, do volume, da frequência e dos intervalos de recuperação, permite a otimização das respostas adaptativas para diferentes objetivos e populações.

As neuroadaptações ao treinamento resistido, que precedem e complementam as adaptações

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

morfológicas, são determinantes para os ganhos de força, de coordenação e de eficiência neuromuscular. A plasticidade do sistema nervoso central e periférico em resposta ao treinamento de força reforça a importância de se considerar os aspectos neurais na avaliação e prescrição do exercício resistido, reconhecendo que o ganho de desempenho não se reduz ao crescimento muscular.

A periodização do treinamento de força, seja em seus modelos lineares, ondulatórios ou por blocos, constitui uma ferramenta metodológica fundamental para a organização a longo prazo dos estímulos de treinamento, garantindo a progressão contínua das adaptações, a prevenção do sobretreinamento e o planejamento do pico de desempenho. A escolha do modelo de periodização deve ser guiada pelos objetivos do praticante, pelo seu nível de treinamento e pelas demandas específicas de sua modalidade ou contexto de vida.

A aplicação do treinamento de força em populações especiais, como idosos, mulheres, jovens e portadores de doenças crônicas, reforça seu caráter terapêutico e preventivo, ampliando seu escopo de atuação para além do contexto esportivo ou estético. A individualização dos protocolos de treinamento para essas populações, considerando suas especificidades fisiológicas e clínicas, é uma exigência ética e científica que deve orientar a prática profissional em Educação Física.

A avaliação sistemática das adaptações ao treinamento resistido, por meio de métodos validados de mensuração da força, da composição corporal e da função neuromuscular, é condição indispensável para o monitoramento da evolução do praticante e para os ajustes necessários na prescrição. A utilização de instrumentos de avaliação adequados às características da população e aos objetivos do programa é responsabilidade do profissional que prescreve o treinamento.

O avanço contínuo da ciência do esporte e do exercício, com o desenvolvimento de novas tecnologias de imagem, de biologia molecular e de análise de desempenho, promete aprofundar ainda mais a compreensão dos mecanismos de adaptação ao treinamento de força nas próximas décadas. A incorporação desses avanços à prática profissional em Educação Física e áreas correlatas depende da formação continuada dos profissionais e da valorização da pesquisa científica aplicada como fundamento da intervenção prática.

Conclui-se que o treinamento de força e a musculação, quando fundamentados em sólidos alicerces científicos e prescritos com competência técnica, constituem ferramentas poderosas para a promoção da saúde, da qualidade de vida e do desempenho humano em todas as faixas etárias e contextos populacionais. O aprofundamento do conhecimento nessa área é, portanto, uma necessidade permanente para os profissionais de Educação Física comprometidos com a excelência de sua prática.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. Journal of Applied Physiology, v. 93, n. 4, p. 1318-1326, 2002.

AAGAARD, P. Training-induced changes in neural function. Exercise and Sport Sciences Reviews, v. 31, n. 2, p. 61-67, 2003.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Progression models in resistance training for healthy adults. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.

BOMPA, T. O.; HAFF, G. G. Periodization: theory and methodology of training. 5. ed. Champaign: Human Kinetics, 2009.

BROWN, L. E. Isokinetics in human performance. Champaign: Human Kinetics, 2000.

CARROLL, T. J.; RIEK, S.; CARSON, R. G. Corticospinal responses to motor training revealed by transcranial magnetic stimulation. Exercise and Sport Sciences Reviews, v. 39, n. 2, p. 87-96, 2011.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. Journal of Physiology, v. 586, n. 1, p. 11-23, 2008.

FAIGENBAUM, A. D.; MYER, G. D. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. British Journal of Sports Medicine, v. 44, n. 1, p. 56-63, 2010.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. Designing resistance training programs. 4. ed. Champaign: Human Kinetics, 2017.

HEYWARD, V. H.; WAGNER, D. R. Applied body composition assessment. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2004.

HOWLEY, E. T.; POWERS, S. K. Exercise physiology: theory and application to fitness and performance. 9. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

HUNTER, G. R.; MCCARTHY, J. P.; BAMMAN, M. M. Effects of resistance training on older adults. Sports Medicine, v. 34, n. 5, p. 329-348, 2004.

ISSURIN, V. B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. Sports Medicine, v. 40, n. 3, p. 189-206, 2010.

KOMI, P. V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. Journal of Biomechanics, v. 33, n. 10, p. 1197-1206, 2003.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

KRAEMER, W. J. et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. Journal of Applied Physiology, v. 69, n. 4, p. 1442-1450, 1992.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.

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.

LIEBER, R. L.; FRIDEN, J. Mechanisms of muscle injury gleaned from animal models. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, v. 81, n. 11, p. S70-S79, 2002.

MUJIKA, I.; PADILLA, S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Sports Medicine, v. 30, n. 2, p. 79-87, 2000.

PAREJA-BLANCO, F. et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, v. 27, n. 7, p. 724-735, 2017.

PHILLIPS, S. M.; VAN LOON, L. J. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. Journal of Sports Sciences, v. 29, sup. 1, p. S29-S38, 2011.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Exercise physiology: theory and application to fitness and performance. 9. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

RHEA, M. R.; ALDERMAN, B. L. A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. Research Quarterly for Exercise and Sport, v. 75, n. 4, p. 413-422, 2004.

SALE, D. G. Neural adaptation to resistance training. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 20, sup. 5, p. S135-S145, 1988.

SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. A. Motor learning and performance. 4. ed. Champaign: Human Kinetics, 2010.

SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. Journal of Strength and Conditioning Research, v. 24, n. 10, p. 2857-2872, 2010.

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

SCHOENFELD, B. J. et al. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass. Journal of Strength and Conditioning Research, v. 31, n. 12, p. 3508-3523, 2017.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano III, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 12/09/2023

WEST, D. W.; PHILLIPS, S. M. Resistance exercise physiology and adaptation in women and men. In: EHRMAN, J. K. et al. (ed.). ACSM's resource manual for exercise testing and prescription guidelines. 7. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

WILLARDSON, J. M. A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. Journal of Strength and Conditioning Research, v. 20, n. 4, p. 978-984, 2006.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.