UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO

EFEITOS DA MODIFICAÇÃO DO TEMPO EXCÊNTRICO NO SUPINO SOBRE A FORÇA EM ATLETAS POWERLIFTING PARALÍMPICO

RENATO ANTONIO MÉNDEZ DEL CANTO

São Cristóvão
2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO

EFEITOS DA MODIFICAÇÃO DO TEMPO EXCÊNTRICO NO SUPINO SOBRE A FORÇA EM ATLETAS POWERLIFTING PARALÍMPICO

RENATO ANTONIO MÉNDEZ DEL CANTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Movimento.

Orientador: Prof. Dr. Felipe José Aidar Martins

São Cristóvão
2026

MÉNDEZ DEL CANTO/ RENATO ANTONIO

EFEITOS DA MODIFICAÇÃO DO TEMPO EXCÊNTRICO NO SUPINO SOBRE A FORÇA EM ATLETAS POWERLIFTING PARALÍMPICO

2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO

RENATO ANTONIO MÉNDEZ DEL CANTO

EFEITOS DA MODIFICAÇÃO DO TEMPO EXCÊNTRICO NO SUPINO SOBRE A FORÇA EM ATLETAS POWERLIFTING PARALÍMPICO

São Cristóvão
2026

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Del Canto, Renato Antonio Méndez

D331e Efeitos da modificação do tempo excêntrico no supino sobre a força em atletas powerlifting paralímpico / Renato Antonio Méndez Del Canto; orientador Felipe José Aidar Martins. – São Cristóvão, SE, 2026.

63 f.:il.

Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento) Universidade Federal de Sergipe, 2026.

1. Exercícios físicos. 2. Levantamento e carregamento. 3. Atletas - treinamento. 4. Educação física. 5. Paralimpíadas. 6. Desempenho. 7. Atetas. Martins, Felipe José Aidar, orient. II. Título.

CDU 796.88

RENATO ANTONIO MÉNDEZ DEL CANTO

EFEITOS DA MODIFICAÇÃO DO TEMPO EXCÊNTRICO NO SUPINO SOBRE A FORÇA EM ATLETAS POWERLIFTING PARALÍMPICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Movimento.

Aprovada em _____/_____/_____

_____
Orientador: Prof. Dr. Felipe José Aidar Martins

_____
1º Examinador: Prof. Dr. Rafael Luiz Mesquita Souza

_____
2ºExaminador: Prof. Dr. Marcelo de Aquino Resende

PARECER

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

RESUMO

O powerlifting paralímpico (PP) exige a produção de força máxima dos membros superiores no exercício supino adaptado. Neste levantamento, certas variações na execução podem influenciar o desempenho neuromuscular. Entre elas, a modificação da cadência excêntrica pode influenciar a velocidade propulsiva da barra e o peso máximo levantado. Este estudo analisou os efeitos agudos da utilização de cadências excêntricas normativas, mais rápidas ou mais lentas no exercício supino sobre o desempenho neuromuscular dinâmico e estático. Para isto, 16 atletas de PP realizaram séries únicas de supino em três intensidades: 80%, 90% e 100% do 1RM, medindo a velocidade propulsiva média, velocidade máxima e potência da barra durante o levantamento. Logo após, a força isométrica máxima, taxa de desenvolvimento de força, impulso, variabilidade da força e força máxima média em 1 segundo foram medidas num teste de supino isométrico. A cadência mais rápida resultou em maior desempenho neuromuscular do que a cadência mais lenta em todas as cargas; e cadências mais lentas ou mais rápidas não foram significativamente diferentes das cadências normativas, exceto na intensidade de 100% do 1RM, onde uma cadência mais rápida resultou em maior desempenho concêntrico do que a normativa. As cadências normativas resultaram em um melhor desempenho estático posterior do que as cadências mais lentas e mais rápidas. Os resultados sugerem que os atletas de PP possuem uma cadência normativa otimizada nas intensidades submáximas, mas não nas máximas, em que o desempenho neuromuscular melhora com o aumento da velocidade excêntrica. Finalmente, as cadências normativas são mais adequadas para manter a eficiência neuromuscular durante séries sucessivas de supino.

Palavras-chave: Treinamento resistido; Powerlifting paralímpico; desempenho neuromuscular; desempenho esportivo; cadência de movimento.

ABSTRACT

Paralympic powerlifting (PP) requires maximal upper-limb force production during the adapted bench press exercise. In this lift, specific execution variations may influence neuromuscular performance. Among these, modifying the eccentric tempo may affect barbell velocity and the maximum load lifted. This study analyzed the acute effects of using normative, faster, or slower eccentric tempos during the bench press on dynamic and static neuromuscular performance. Sixteen PP athletes performed single sets at three intensities (80%, 90%, and 100% of 1RM), with mean propulsive velocity, peak velocity, and barbell power measured during the lift. Immediately afterward, maximal isometric force, rate of force development, impulse, force variability, and mean force over 1 second were assessed during an isometric bench press test. Faster tempos resulted in higher neuromuscular performance than slower tempos at all loads, whereas neither faster nor slower tempos differed significantly from the normative tempo, except at 100% 1RM, in which a faster tempo elicited greater concentric performance than the normative condition. Normative tempos produced superior subsequent static performance compared with both slower and faster tempos. These findings suggest that PP athletes exhibit an optimized normative tempo at submaximal intensities, but not at maximal loads, in which neuromuscular performance improves with increased eccentric velocity. Finally, normative tempos appear to be more suitable for maintaining neuromuscular efficiency across successive bench press sets.

Keywords: Resistance training; Paralympic powerlifting; neuromuscular performance; athletic performance; movement tempo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: características dos participantes da pesquisa (n = 16).....36

Tabela 2: desempenho neuromuscular concêntrico resultante de uma série de supino com 80% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.....40

Tabela 3: desempenho neuromuscular concêntrico resultante de uma série de supino com 90% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.....41

Tabela 4: desempenho neuromuscular concêntrico resultante de uma série de supino com 100% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.....42

Tabela 5: desempenho neuromuscular estático após uma série de supino com 80% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.....42

Tabela 6: desempenho neuromuscular estático após uma série de supino com 90% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.....43

Tabela 7: desempenho neuromuscular estático após uma série de supino com 100% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.....44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: desenho experimental e sua estrutura temporal. Esta estrutura se repetiu 3 vezes, cada uma correspondente a uma das 3 cargas testadas (80%, 90% e 100% do 1RM). (*) A cadência normativa e a série normativa da carga de 100% do 1RM foram obtidas no teste de 1RM da semana correspondente. VMP: velocidade média propulsiva; Vmax: velocidade máxima; P: potência; FIM: força isométrica máxima; RFD: taxa de desenvolvimento da força; IMP: impulso; VAR: variabilidade; FMm1s: força máxima média em 1 segundo.....36

ABREVIATURAS E SIGLAS

1RM — One Repetition Maximum (uma repetição máxima)

ATP — Adenosina trifosfato

CAE — Ciclo de Alongamento-Encurtamento

CE — Cadência Excêntrica

CI — Confidence Interval (intervalo de confiança)

CM — Cadência de Movimento

CPI — Comitê Paralímpico Internacional

FIM — Força Isométrica Máxima

FMm1s — Força Máxima Média em 1 segundo

IMP — Impulso

MMII — Membros Inferiores

OBS — Open Barbell System

OMPP — Organização Mundial de Para Powerlifting

PP — Powerlifting Paralímpico

RFD — Rate of Force Development (taxa de desenvolvimento da força)

SD — Standard Deviation (desvio padrão)

TR — Treinamento Resistido

UM — Unidade Motora

Vmax — Velocidade Máxima

VMP — Velocidade Média Propulsiva

WPPO — World Para Powerlifting Organization

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....1

2.1 REVISÃO DE LITERATURA.....3

2.1.1 Powerlifting Paralímpico.....3

2.1.2 Força e potência muscular no treinamento resistido.....5

2.1.3 Determinantes da força muscular.....10

2.1.4 Ciclo de alongamento-encurtamento (CAE).....13

2.1.5 Cadência de movimento no treinamento resistido.....15

2.1.6 Cadência de movimento excêntrica no supino.....19

2.1.7 Cadência excêntrica normativa.....22

2.1.8 Desempenho neuromuscular dinâmico e estático.....23

2.1.9 Lacunas na literatura e justificativa do estudo.....25

3 OBJETIVOS.....26

2. MATERIAIS E MÉTODOS.....27

3 RESULTADOS.....33

4 DISCUSSÃO.....37

5 CONCLUSÃO.....46

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....46

RESUMO.....IV

ABSTRACT.....V

LISTA DE TABELAS.....VI

LISTA DE FIGURAS.....VII

ABREVIATURAS E SIGLAS.....VIII

1. Introdução

Entre os exercícios clássicos do treinamento resistido, o supino destaca-se como um meio eficaz para desenvolver a força dos membros superiores (Martínez-Cava et al., 2022; Rodríguez-Ridao et al., 2020). A força muscular é uma capacidade fundamental para o desempenho atlético (Suchomel; Nimphius; Stone, 2016), em especial para o *Powerlifting.* O *Powerlifting* é uma disciplina de força máxima onde os atletas possuem 3 tentativas para levantar a maior carga possível em cada um dos seguintes exercícios: agachamento, levantamento terra e supino (Ferland; Comtois, 2019). Desde o *Powerlifting* convencional, deriva-se o *Powerlifting Paralímpico* (PP), no qual atletas com deficiências, principalmente nos membros inferiores, competem levantando o maior peso possível apenas no supino adaptado. Contudo, a movimentação dos membros superiores não difere daquela realizada no supino convencional (WPPO, 2022a)

Um fator importante na execução do supino é a cadência do movimento (CM) (Wilk et al., 2020a). Na prática, ela indica o tempo de duração de uma repetição ou de uma das fases (excêntrica, isométrica e concêntrica) do exercício. Portanto, alterar voluntariamente a CM modificará o tempo sob tensão e, consequentemente, o grau de esforço percebido e o volume do estímulo aplicado (Wilk; Tufano; Zajac, 2020). Por isso, distintas CM podem provocar diferentes respostas fisiológicas e neuro-mecânicas agudas, resultando em variações nas respostas hormonais, metabólicas e de desempenho neuromuscular (Trybulski et al., 2022a; Wilk; Tufano; Zajac, 2020). Consequentemente, a CM também pode influenciar as adaptações crônicas morfológicas ou fisiológicas, sendo as cadências curtas mais adequadas para maximizar adaptações neuromusculares, como o aumento do recrutamento e da frequência de disparo das unidades motoras (Wilk; Zajac; Tufano, 2021).

A literatura tem investigado uma ampla variedade de cadências na execução do supino (Wilk; Tufano; Zajac, 2020; Wilk; Zajac; Tufano, 2021). Dentro delas, a modificação da cadência excêntrica (CE) tem demonstrado influenciar o rendimento dinâmico da fase concêntrica (Handford et al., 2022; Wilk et al., 2020a). Observou-se que, quando comparada a uma CE longa, uma CE curta pode resultar em maiores

valores de potência e velocidade de execução concêntrica (Wilk et al., 2019). Pela relação inversa entre tempo e velocidade de execução, uma CE curta aumentará a velocidade de execução excêntrica e a participação do ciclo de alongamento-encurtamento durante o levantamento. Isto pode favorecer um maior acúmulo de energia elástica, a qual contribuirá para um aumento da força e da aceleração impressa à barra durante a fase concêntrica (Handford et al., 2022).

Embora os efeitos das diferentes cadências excêntricas estejam relativamente bem estabelecidos na literatura, ainda não foram investigados em atletas de *Powerlifting* paralímpico. Considerando que esses atletas são altamente especializados na execução do supino, os efeitos da modificação da cadência excêntrica podem diferir do esperado, uma vez que alterações em um padrão de movimento amplamente treinado e aperfeiçoado podem reduzir — ou não — sua eficiência neuromuscular. Tal hipótese é sustentada pela possível existência de uma relação parabólica entre a velocidade de execução excêntrica e o desempenho concêntrico, sugerindo a existência de uma velocidade ótima excêntrica, a partir da qual aumentos adicionais podem prejudicar o desempenho no levantamento (Handford et al., 2022).

Um estudo prévio manipulou a CE utilizando como referência a cadência normativa (Carzoli et al., 2019). Esta se define como a cadência de movimento que cada indivíduo executa habitualmente na ausência de instruções específicas. Esse método de manipulação permite que o estímulo aplicado se ajuste com mais precisão ao padrão de execução do atleta, promovendo, assim, maior individualização da carga do treinamento proposto. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo responder ao seguinte problema de pesquisa: quais são os efeitos do aumento ou da redução da cadência excêntrica normativa no exercício supino, em diferentes intensidades, sobre o desempenho neuromuscular dinâmico e estático de atletas de *Powerlifting* paralímpico? Se hipotetiza que qualquer modificação no padrão de movimento normativo terá efeitos negativos sobre o desempenho concêntrico dos levantadores, em razão do aperfeiçoamento técnico já alcançado pelos atletas de PP.

2 Revisão de literatura

2.1 Powerlifting Paralímpico

O Powerlifting Paralímpico (PP) é um esporte em que se disputa uma única prova: a disciplina "*Power". Power* é uma prova física que leva ao limite a geração de força muscular dos membros superiores (WPPO, 2022a). Nela, os atletas contam com 3 tentativas para levantar o maior peso possível no exercício supino adaptado. O ganhador é quem consegue levantar a maior quantidade de quilogramas montados na barra (WPPO, 2022a). A governança do PP está sob a tutela do Comitê Paralímpico Internacional (CPI). Este executa suas atividades por meio da Organização Mundial de Para Powerlifting (OMPP). Portanto, o CPI e a OMPP fazem a administração e operacionalização mundial da modalidade (WPPO, 2022a).

A primeira competição oficial de PP ocorreu nos Jogos Paralímpicos de 1964 em Tóquio, Japão (Oliveira et al., 2023). Atualmente, a OMPP reconhece 3 níveis de hierarquia entre as competições de PP. O primeiro compreende as competições de maior nível de rendimento, incluindo os Jogos Paralímpicos do CPI e os campeonatos regionais e mundiais da OMPP. O segundo nível corresponde às competências sancionadas pela OMPP, onde se incluem as Copas Mundiais da WPPO e jogos para sub-regionais. Por último, o terceiro nível é ocupado pelas competições aprovadas pela OMPP, como, por exemplo, jogos para juvenis e competições nacionais (WPPO, 2022a).

Para um indivíduo ser reconhecido como atleta oficial pelo CPI, deve cumprir pelo menos um dos oito critérios de deficiência mínima apresentados no regulamento de classificação oficial. Estes são: (1) comprometimento da geração de força muscular dos membros inferiores; (2) deficiências de membro inferior (amputação ou congênita); (3) diferenças no comprimento entre os membros inferiores; (4) baixa estatura adulta (homens: 145 cm; mulheres: 140 cm); hipertonia como mínimo de grau 2 em algum membro inferior; (5) ataxia ou atetoses; e (6) amplitude de movimento articular passiva comprometida de membros inferiores (WPPO, 2018). Outro aspecto associado aos participantes são as categorias etárias e as categorias de peso corporal. Os grupos etários se definem como (1) *Rookie* (15 – 17 anos); (2) *Next Gen* (18 – 20 anos); (3) *Elite* (15 – 44 anos); e (4) *Legend* (45 ou mais anos).

Enquanto às categorias de peso corporal, existem 10 categorias diferentes para homens e mulheres. Os casos de aceitação de atletas transgênero serão abordados pelo CPI de acordo com a regulamentação do Comitê Olímpico Internacional, e os atletas de gênero não binário reconhecido legalmente serão avaliados caso a caso pelo CPI (WPPO, 2022a).

A disputa competitiva no PP é feita através da execução do supino adaptado. Tal adaptação contempla a utilização de um banco de maior comprimento e largura comparados com o utilizado no *Powerlifting* convencional. Esta configuração permite que os participantes executem o supino deitados. Assim, os MMII repousam sobre o banco para serem amarrados com uma ou duas faixas, dependendo da preferência do atleta. Isto é relevante devido à variedade de deficiências de MMII e de estatura dos atletas de PP (WPPO, 2022a), podendo esta fixação melhorar o desempenho neuromuscular na execução do supino (Guerra et al., 2022)

Durante a prova “Power”, cada atleta deve superar três rodadas de levantamento supino, durante as quais a execução do movimento é avaliada por juízes regidos pelos critérios técnicos estipulados no regulamento oficial da OMPP (WPPO, 2022a). Estes últimos determinarão se o levantamento é válido ou não. Se o atleta não consegue validar um levantamento, deverá tentar o mesmo peso na rodada seguinte. E, se o levantamento for válido, o peso do próximo levantamento deverá ser aumentado em pelo menos 1 kg. Os critérios técnicos avaliados contemplam aspectos do posicionamento do corpo no banco, agarre da barra, descida da barra, parada da barra no peito e empurrão ascendente da barra. Entre eles, destaca-se que os atletas devem manter o corpo apoiado no banco (cabeça, pescoço, tronco, glúteos, coxas e pernas) durante todo o levantamento. Durante a descida, a barra deve ser movimentada de forma controlada sem deixá-la cair ou golpear o peito. Assim, esta deve tocar o peito suavemente e permanecer estática antes da subida, sem realizar nenhum contramovimento antes do impulso ascendente. Finalmente, durante a subida, a barra deve ascender simetricamente, exigindo que ambos os cotovelos se estendam simultaneamente. O descumprimento de qualquer destes critérios determina um levantamento inválido (WPPO, 2022a).

Igual a outros esportes de levantamento de peso, a competição de PP exige uma participação neuromuscular máxima. Especificamente, a capacidade de produzir quantidades máximas de força a baixas velocidades predomina sobre a produção de força a altas velocidades (Aidar et al., 2022). Isto se deve à natureza biomecânica do supino, em que certas fases do levantamento apresentam uma desvantagem mecânica que reduz significativamente a aceleração da barra, destacando a habilidade de sustentar uma contração máxima por vários segundos para continuar acelerando a barra (Kompf; Arandjelović, 2016). Isto concorda com o fato de atletas de PP possuírem velocidades concêntricas mais baixas que outras populações durante a execução de cargas máximas (100% do 1RM) (Loturco et al., 2019). Devido a este conjunto de fatores, o processo de treinamento dos atletas de PP foca no treinamento resistido e utiliza preferentemente intensidades entre 80% e 100% do 1RM, na zona de 1 a 5 repetições máximas (Oliveira et al., 2023).

2.2 Força e potência muscular no treinamento resistido

O treinamento resistido (TR) é um meio de treinamento utilizado a nível mundial por diversas populações, incluindo atletas de elite. Este consiste na execução sistemática de exercícios que exigem a aplicação de força contra uma resistência com o fim de aumentar a força muscular, a resistência muscular localizada, a potência, a hipertrofia e o desempenho motor (Kraemer et al., 2017). No caso do PP, o TR compõe a base da competição e das sessões de treinamento, buscando melhorar a execução do supino nas intensidades máximas e aumentar a quantidade de quilos levantados em uma única repetição (Oliveira et al., 2023). As seguintes seções (2.2.1 e 2.2.2) aprofundam-se nos conceitos fundamentais de força, velocidade e potência no contexto do treinamento resistido e na fisiologia da produção de força muscular.

2.2.1 Conceitos de força, velocidade e potência.

Durante o TR, assim como em todas as modalidades esportivas e atividades motoras, o corpo humano exerce força para se movimentar, mover objetos ou resistir e superar as forças exercidas sobre ele. Sob a perspectiva mecânica, a força (F) é

uma grandeza física que descreve a interação responsável por acelerar uma massa (m), sendo definida pela relação $F = m \cdot a$, onde (a) representa a aceleração. Dessa forma, para uma mesma carga externa (e.g., 60 kg), quanto maior for a força produzida pelo atleta durante o levantamento, maior será a aceleração impressa na barra e, consequentemente, maior será o incremento da velocidade ao longo do movimento, uma vez que a aceleração corresponde à variação da velocidade (v¿ no tempo (t¿ ($a = \Delta v / \Delta t$). Por outro lado, a potência pode ser definida como a taxa de realização de trabalho mecânico ao longo do tempo, determinada pela interação entre a força aplicada e a velocidade de execução do movimento (Turner et al., 2020). Assim, a capacidade de imprimir potência na barra relaciona-se à capacidade do atleta de produzir grandes quantidades de força a altas velocidades.

Desde a perspectiva biomecânica, o corpo humano pode manifestar a produção de força de várias formas dependendo da tarefa motora a realizar. Assim, a produção de força muscular pode ser classificada em cinco formas: força reativa, força dinâmica rápida, força dinâmica lenta, força isométrica máxima e força explosiva. Contudo, todas elas dependem do sistema neuromusculoesquelético para sua expressão e, dependendo da complexidade da tarefa, podem se expressar em sequência para cumprir o objetivo motor (James et al., 2023). A capacidade de produzir força dinâmica lenta é exigida ao máximo na execução do supino no PP, sendo a expressão de força muscular mais importante para o sucesso neste esporte. Por outro lado, a força isométrica, correspondente à força produzida para manter uma posição articular fixa, se manifesta de forma relevante durante a pausa no peito antes do impulso ascendente da barra. Finalmente, a força explosiva, que se refere à produção da máxima força possível no menor tempo possível, pode ser importante em determinados momentos, como no início da fase propulsiva ascendente no supino. Em consequência, todo treinamento de PP visaria à melhora da produção destas manifestações da força para aumentar o desempenho competitivo (James et al., 2023).

2.2.2 Anatomofisiologia da contração muscular

Desde uma perspectiva biomecânica, a capacidade motriz do ser humano é controlada pelo sistema neuromusculoesquelético, que integra as ações dos sistemas nervoso, muscular, ósseo e articular. (Lloyd et al., 2023). Para executar uma ação motora, o sistema nervoso central inicia uma série de impulsos neuronais que, via nervos periféricos, contatam as fibras do tecido muscular. Em sequência, as fibras musculares são excitadas eletroquimicamente, desencadeando o encurtamento da maquinaria proteica contrátil. Assim, a força mecânica gerada no ventre muscular é transferida ao esqueleto por meio dos tecidos conjuntivos, como tendões e fáscias, movimentando as articulações. Durante este processo, a geração de força muscular é primordial para causar o movimento angular dos segmentos corporais.

Para iniciar um movimento voluntário, os motoneurônios do córtex motor primário enviam potenciais de ação aos músculos por meio do trato cortico-espinhal. Esta é uma das principais vias motoras, e inclui os neurônios corticais, os interneurônios medulares, e os motoneurônios-α que residem no corno ventral medular (Haggie et al., 2023). Estes motoneurônios-α são os encarregados de contatar diretamente as fibras musculares, inervando um grupo delas. E quanto maiores forem seus axônios, mais fibras musculares inervarão. Assim, o conjunto de um motoneurônio-α e de suas fibras musculares inervadas compõe a *unidade motora* (UM)*,* conhecida como a unidade básica funcional do sistema neuromuscular (Enoka; Duchateau, 2016). As UM podem ser diferenciadas pelo tamanho dos seus motoneurônios (somas e dendrites), o qual influenciará a rapidez com a qual estes serão despolarizados. Portanto, os motoneurônios de pequeno tamanho requerem uma menor quantidade de corrente elétrica para serem ativados, possuindo um baixo limiar de ativação; enquanto os motoneurônios de maior tamanho possuem altos limiares de ativação (Enoka; Duchateau, 2016). Enquanto a sua funcionalidade, as UM de baixo limiar se associam a fibras musculares resistentes à fadiga, mas com baixa capacidade de geração de força e velocidade de contração. No entanto, as UM de alto umbral se associam a fibras musculares de alta velocidade de contração e capacidade de geração de força, porém pouco resistentes à fadiga. Estas características anatomofisiológicas fundamentam o princípio do tamanho proposto

por Henneman em 1957. Este indica que, à medida que as demandas de força muscular aumentam para cumprir uma tarefa motora, as UM serão recrutadas de menor a maior tamanho (Mendell, 2005).

O princípio do tamanho estabelece que as unidades motoras associadas a fibras musculares de menor capacidade de produção de força (tipo I) sejam recrutadas prioritariamente, retardando o recrutamento das unidades motoras mais potentes (tipo II), o que contribui para maior eficiência energética do sistema neuromuscular (Mendell, 2005). As diferenças entre esses dois tipos de fibras são determinadas por fatores estruturais, fisiológicos e metabólicos. As fibras do tipo I caracterizam-se por apresentar uma maquinaria oxidativa altamente desenvolvida, com elevada densidade de mitocôndrias e capilares sanguíneos. Isto favorece o transporte e o metabolismo do oxigênio e confere elevada resistência à fadiga. Entretanto, sua velocidade de contração é reduzida, uma vez que expressam isoformas lentas da enzima ATPase associada à miosina, responsável pela hidrólise da adenosina trifosfato (ATP) durante a contração muscular. Além disso, por serem inervadas por unidades motoras de menor calibre e apresentarem menor área de secção transversal, essas fibras exibem menor capacidade de produção de força. Por outro lado, as fibras do tipo II apresentam elevada capacidade de produção de força, em razão de sua maior área de secção transversal e de sua associação com unidades motoras de maior calibre. Ademais, expressam isoformas rápidas da ATPase, o que resulta em maior velocidade de contração. Contudo, sua resistência à fadiga é limitada devido à maior dependência do metabolismo glicolítico e à menor capacidade oxidativa. Apesar destas diferenças, ambos os tipos de fibras possuem o mesmo processo molecular de estimulação e contração sarcomérica para produzir força muscular (Moreno-Justicia et al., 2025).

A junção neuromuscular é o lugar onde o motoneurônio faz sinapse com a fibra muscular. Neste ponto, o axônio neuronal secreta acetilcolina a cada impulso, desencadeando a despolarização do miócito. Esta mudança de voltagem dentro da fibra muscular gera a liberação de íons de cálcio (Ca^{2+}) do retículo sarcoplasmático para o citoplasma, iniciando a movimentação dos sarcômeros. O sarcômero é a principal unidade funcional do miócito, e a movimentação das suas proteínas é o

ponto culminante do processo de geração de força muscular. Os principais elementos proteicos da estrutura sarcomérica são o filamento fino de actina e o filamento grosso de miosina, além de outras proteínas importantes como a troponina-c e a titina. A movimentação sarcomérica começa quando o $Ca2^{+}$ liberado em resposta à estimulação neural se une a uma subunidade da actina: a troponina-c. Isto causa uma mudança conformacional no filamento fino da actina, que disponibiliza seu sítio de união para a cabeça da miosina. Assim, as cabeças do filamento grosso de miosina se ancoram à actina no sítio de união indicado, gerando o estado de ponte cruzada. Em sequência, com a energia da hidrólise de uma molécula de adenosina trifosfato (ATP), a miosina efetua um "*golpe de poder"* que gera o movimento angular da cabeça da miosina e arrasta os filamentos de actina até o centro do sarcômero, gerando a contração sarcomérica. Para relaxar o sarcômero, a miosina hidrolisa outra molécula de ATP, quebrando seu contato com o filamento fino de actina (Mukund; Subramaniam, 2020). Dessa forma, finaliza-se o processo da contração muscular para ser repetido ou para cessar a produção de força.

O encurtamento do ventre muscular que ocorre graças à contração dos sarcômeros é conhecido como contração muscular concêntrica. Para cumprir tarefas motoras complexas, o sistema neuromusculoesquelético precisa da utilização de outros tipos de contrações musculares além da concêntrica: as contrações excêntricas e isométricas. As contrações excêntricas, também conhecidas como alongamentos musculares ativos (Herzog et al., 2015), ocorrem quando a maquinaria contrátil tenta resistir ao alongamento do ventre muscular gerado por forças externas ou por músculos antagonistas. Neste cenário, o sarcômero é capaz de dissipar grandes quantidades de força, evitando lesões por esticamento súbito ou excessivo. Uma característica importante da contração excêntrica é a participação da proteína sarcomérica titina. Quando o sarcômero se alonga ativamente, a titina funciona como uma mola que gera força passiva para manter íntegra a união das pontes cruzadas. A presença de Ca2+ modifica a estrutura da titina, enquanto seu extremo proximal se une à actina. Estes processos moleculares fazem com que a titina aumente sua rigidez e que o sarcômero, quando alongado ativamente, gere três a quatro vezes

mais força do que um sarcômero alongado passivamente (Herzog et al., 2015). Por último, as contrações isométricas ocorrem quando os sarcômeros resistem a uma força externa, seja na direção de alongamento ou de encurtamento do ventre muscular. Portanto, uma contração isométrica consegue frear o movimento do segmento, mantendo a longitude do ventre muscular intacta. Porém, se a força externa é superior à força isométrica máxima gerável, os sarcômeros cedem e a longitude do ventre muda em direção à força aplicada. Finalmente, as contrações concêntricas e excêntricas também apresentam diferenças nas estratégias de controle neural. Quando comparadas com as contrações concêntricas, as contrações excêntricas se caracterizam por apresentar uma capacidade de ativação voluntária reduzida, conseguindo ativar menos fibras musculares durante o esforço e uma menor taxa de descarga elétrica das UM (Duchateau; Baudry, 2014). Estes fatores fazem com que menos fibras musculares devam resistir a altos níveis de tensão mecânica, gerando um maior dano na fibra durante as contrações excêntricas (Hody et al., 2019).

2.3 Determinantes da força muscular

Múltiplas estruturas, mecanismos e sistemas participam da geração de força muscular. Por isto, os fatores que determinam a magnitude da força gerada por um músculo podem ser divididos em fatores neurais, morfológicos, fisiológicos e mecânicos. Importantemente, enquanto mais desenvolvidos e aprimorados estiverem estes componentes, maior será a produção de força máxima de um músculo ou grupo muscular e, portanto, de um indivíduo. As seguintes seções (1.1.3.1, 1.1.3.2 e 1.1.3.3) aprofundam em cada uma destas determinantes.

2.3.1 Fatores neurais

Os fatores neurais correspondem a todos os mecanismos regidos pelo sistema nervoso que controlam a produção de força. Dentro deles, o recrutamento de unidades motoras se destaca como um dos fatores mais importantes. Durante as contrações graduadas, isométricas e de alta ou máxima velocidade, as UM que inervam as fibras tipo I são recrutadas primeiro, quando a demanda de força ainda é

baixa. À medida que a necessidade de força aumenta, as UM que inervam as fibras tipo II são recrutadas. Portanto, a máxima produção de força ocorre quando o maior número possível de fibras tipo II é recrutado. Além disso, a frequência de disparo das UM também terá impacto na força máxima produzida. Esta representa a taxa na qual os potenciais de ação são gerados e transmitidos desde os motoneurônios até as fibras musculares. Estima-se que a magnitude da força gerada durante uma contração possa aumentar entre 300% e 1500% quando a frequência de disparo aumenta do mínimo ao máximo. De forma similar, altas frequências de disparo se associam a contrações de alta velocidade e potência. Por último, a sincronização na ativação das UM também se propõe como um fator determinante na produção de força muscular. Se bem que o recrutamento sincronizado de UM em um mesmo músculo não pareça afetar a força produzida, a coordenação intermuscular pode aumentar a transferência de força durante movimentos multiarticulares. Para isto, deve ocorrer uma ativação sincronizada de musculaturas agonistas e sinergistas e, importantemente, uma inibição das musculaturas antagonistas, as quais, se ativas, podem reduzir a força produzida pelos músculos agonistas (Cormie; McGuigan; Newton, 2011).

2.3.2 Fatores morfológicos

Os fatores morfológicos fazem referência às características estruturais específicas das fibras musculares de um músculo. Devido a existirem diferenças significativas na produção de força entre fibras tipo I e tipo II, a distribuição do tipo de fibras em um músculo é um fator determinante para a força máxima. Assim, enquanto mais fibras tipo II um músculo possui, mais força e velocidade de contração poderá alcançar. Acredita-se que aproximadamente 45% desta distribuição é determinada geneticamente. Contudo, em resposta ao TR, as fibras tipo I podem exibir mudanças na expressão das proteínas sarcoméricas, o que pode elevar sua capacidade de produzir força. Em adição, fibras com uma maior área de seção cruzada (grossura) podem produzir mais força devido à maior presença de sarcômeros (Cormie; McGuigan; Newton, 2011). Por isto, a hipertrofia muscular é um objetivo desejado nos esportes de força. Com a hipertrofia muscular, os sarcômeros

podem aumentar em série (um na frente do outro) ou em paralelo (um do lado do outro). O agregamento de sarcômeros em paralelo é responsável pelo aumento da grossura da fibra, enquanto o agregamento em série aumenta a longitude da fibra. Acredita-se que a longitude da fibra também apresenta benefícios para a produção de força, especialmente na produção de força a altas velocidades (Cormie; McGuigan; Newton, 2011). Como último fator morfológico, o ângulo de penação também pode influenciar a força máxima produzível. Dentro da estrutura muscular, as fibras musculares se agrupam em pequenos compartimentos chamados fascículos, que são divididos por um tecido conjuntivo chamado perimísio. A orientação angular dos fascículos de um músculo é chamada de ângulo de penação. Maiores ângulos de penação indicam um alinhamento paralelo dos sarcômeros dentro do músculo, o que resulta numa vantagem mecânica que beneficia a produção de força máxima (Cormie; McGuigan; Newton, 2011).

2.3.3 Fatores mecânicos

Os fatores mecânicos compreendem propriedades biomecânicas intrínsecas da unidade músculo-tendinosa. Dentro delas, a relação longitude-tensão de um sarcômero é crítica para a produção de força. O movimento angular de uma articulação pode modificar quão alongado está o ventre muscular. Isto faz com que os sarcômeros individuais dentro da fibra modifiquem sua longitude. Os sarcômeros possuem uma “longitude ótima” para a geração da máxima força potencial. Esta longitude corresponde à posição na qual a superposição entre a actina e a miosina é adequada para que as pontes cruzadas sejam geradas com a máxima eficiência possível. Assim, longitudes de sarcômero muito curtas ou muito longas dificultam a produção de força, existindo um ponto ótimo intermédio onde a produção de força é máxima. Um conceito similar ao descrito é a relação força-velocidade. Esta indica que, à maior velocidade de contração, menor força poderá ser aplicada, já que os sarcômeros possuem um tempo mínimo necessário para gerar o ciclo de pontes cruzadas. Portanto, altas velocidades de contração podem diminuir a quantidade de pontes cruzadas geradas. Isto é importante, já que a força máxima gerada por um músculo dependerá da quantidade de sarcômeros agrupados em paralelo em estado

de ponte cruzada. Desta relação surge o conceito de potência máxima, que descreve um ponto da curva força-velocidade no qual ambos os valores permitem a produção de potência máxima em um músculo. Contudo, certos métodos de TR podem melhorar a capacidade de gerar mais força a altas velocidades, aumentando a capacidade de gerar pontes cruzadas em altas velocidades de contração (Cormie; McGuigan; Newton, 2011). Finalmente, outro fator mecânico importante para a produção de força muscular é a utilização da energia elástica durante contrações sucessivas. Devido à sua relevância para esta dissertação, estes serão descritos na próxima seção (1.1.4).

2.4 Ciclo de alongamento-encurtamento (CAE)

Além dos elementos contráteis, a unidade músculo-tendinosa possui componentes elásticos arranjados em série: tendões, pontes cruzadas e certas proteínas estruturais; e em paralelo: fáscia e sarcolema (Turner; Jeffreys, 2010). Estes conseguem absorver o trabalho mecânico gerado pelo alongamento ativo do ventre muscular e convertê-lo em energia potencial, a qual será liberada durante o encurtamento imediatamente posterior (Cormie; McGuigan; Newton, 2011). Este fenômeno corresponde a uma função muscular chamada de ciclo alongamento-encurtamento (CAE). O CAE se define como a combinação sucessiva de ações excêntricas e concêntricas e é uma das funções musculares mais comuns no ser humano (Cormie; McGuigan; Newton, 2011). Este ocorre quando alongamentos musculares ativos ou contrações excêntricas promovem o acúmulo de energia elástica e a ativação de comandos neurais que, após uma breve fase transitória de amortecimento isométrico, potencializam a geração de força muscular da fase concêntrica. Os componentes elásticos em série são os principais contribuintes para a acumulação de energia elástica durante o CAE. E, dentre eles, o tendão se destaca pela sua alta capacidade de acumular e liberar o trabalho mecânico em forma de energia elástica. Altos níveis de complacência do tendão permitem maior eficiência neste processo. Ao mesmo tempo, uma alta rigidez muscular durante o alongamento ativo permite uma melhor transferência de energia entre estes elementos, aumentando a deformação sofrida pelo tendão (Turner; Jeffreys, 2010).

Em adição, componentes sarcoméricos como a titina também podem contribuir para a acumulação de energia elástica. Durante as contrações excêntricas, esta proteína se une à actina, resultando no aumento da rigidez do músculo. Além disso, esta proteína impede que as pontes cruzadas se desarmem durante o alongamento, aumentando a quantidade de pontes cruzadas ativas durante a contração concêntrica posterior (Nishikawa, 2020).

A acumulação de força elástica não é o único mecanismo responsável pelo aumento da força concêntrica durante o CAE. Os alongamentos ativos podem ativar mecanismos neurais que também contribuíram para este aumento de força. O reflexo miotático é um dos principais contribuintes para este fenômeno. Quando o ventre muscular sofre um alongamento súbito de alta velocidade, este reflexo medular tenta manter a longitude muscular aumentando a rigidez das fibras, evitando assim lesões por alongamentos excessivos. Este mecanismo reflexo é ativado pelo fuso neuromuscular, um órgão sensorial proprioceptivo integrado entre as fibras de um fascículo. Quando alongadas, as fibras do fascículo comprimem o fuso neuromuscular, o qual dispara potenciais de ação através de fibras aferentes “Ia” até os motoneurônios espinhais para desencadear o reflexo miotático, aumentando o recrutamento de unidades motoras e, com isto, a força produzida (Taube; Leukel; Gollhofer, 2012). Contudo, outros mecanismos reflexos podem se opor à ação potenciadora do CAE. Os órgãos tendinosos de Golgi são órgãos sensoriais que detectam a tensão da unidade músculo-tendinosa. Quando altas tensões são alcançadas de forma súbita, estes órgãos desencadeiam a inibição da produção de força, diminuindo o efeito potenciador do CAE. Importantemente, este reflexo inibidor pode ser reduzido com treinamento, permitindo a atletas treinados aumentarem a eficiência do CAE (Turner; Jeffreys, 2010). Finalmente, os mecanismos corticais também participam no CAE. Durante ações motoras de alta velocidade, o sistema motor pode gerar uma pré-ativação neural que antecipa o movimento. Assim, espera-se que, durante o CAE, o córtex motor melhore a coordenação e o recrutamento de fibras ao prever a execução de um movimento previamente aprendido e/ou praticado (Taube; Leukel; Gollhofer, 2012).

Um fator importante para a potenciação da força observada no CAE é a velocidade com que o alongamento ativo é realizado. Maiores velocidades de alongamento podem aumentar a participação do reflexo miotático, havendo uma relação positiva entre a velocidade de alongamento e a potenciação alcançada (Turner; Jeffreys, 2010). Por outro lado, o tempo e a velocidade da sucessão entre a contração excêntrica e a concêntrica também influenciarão o resultado. Velocidades lentas de transição entre as fases podem causar a dissipação de energia elástica em forma de calor, perdendo seu efeito potenciador (Blanpied; Levins; Murphy, 1995). Por outro lado, velocidades excêntricas excessivas podem aumentar a força necessária para frear a carga, diminuindo a capacidade de aplicar a força concêntrica imediatamente após o amortecimento excêntrico (Handford et al., 2022) e/ou ativando o reflexo inibitório do órgão tendinoso de Golgi (Turner; Jeffreys, 2010). Portanto, parece existir uma velocidade excêntrica ótima para o aproveitamento máximo do CAE, a qual pode estar determinada por vários fatores, como a força do indivíduo e seu domínio motor sobre a ação realizada.

A participação do CAE tem sido fortemente estudada em exercícios de membros inferiores. Os membros inferiores possuem uma maquinaria altamente desenvolvida para a utilização do CAE durante atividades locomotivas, como a corrida ou o sprint (Turner; Jeffreys, 2010). Contudo, o CAE tem sido muito menos estudado durante os exercícios de membro superior (Chmielewski et al., 2006), em que a participação deste fenômeno se destaca nas ações de lançamento com contramovimento (Wilk et al., 1993). Particularmente no supino, a contribuição do CAE tem sido estudada utilizando variantes do supino com e sem contramovimento, analisando sua influência sobre a produção de potência concêntrica durante o levantamento (Castillo et al., 2012). Em conjunto, estas pesquisas sugerem que o CAE possui uma participação importante durante a execução do supino a altas velocidades, já que o desempenho deste aumenta com o aumento da velocidade de execução (Castillo et al., 2012; Miyaguchi; Demura, 2006; Wilk et al., 1993; Wilson; Elliot; Wood, 1992).

2.5 Cadência de movimento no treinamento resistido

Um método amplamente utilizado para modificar a velocidade de execução durante o treinamento resistido é a manipulação da cadência de movimento. A cadência de movimento, também chamada de tempo ou ritmo, corresponde ao tempo investido na execução de um movimento, medido em segundos (Wilk; Tufano; Zajac, 2020). No TR, é possível identificar três tipos de cadências: voluntárias, involuntárias e volitivas ou normativas. Uma cadência voluntária ocorre quando o indivíduo possui a força e o controle suficientes sobre a carga levantada, podendo modificar à vontade a duração da execução. Por outro lado, a cadência involuntária ocorre quando, devido à alta carga levantada ou à presença de fadiga, o indivíduo consegue utilizar uma única cadência de movimento para superar o levantamento. Finalmente, a cadência volitiva ou normativa se refere à cadência de movimento que cada indivíduo utiliza de forma automática durante um levantamento, sem ter recebido indicações prévias sobre a execução (Carzoli et al., 2019; Ersöz, 2023; Wilk; Tufano; Zajac, 2020).

Considerando a relação física entre velocidade, distância e tempo ($v=d/t$), menores tempos de execução para uma mesma distância ou percurso correspondem a maiores velocidades, enquanto tempos mais longos estão associados a menores velocidades. Portanto, alterar a cadência de movimento pode modificar a expressão da força muscular durante um levantamento com a mesma carga. Desde uma perspectiva biomecânica, a execução de um exercício pode ser dividida em 3 fases correspondentes a cada tipo de ação muscular: concêntrica, isométrica ou excêntrica. Uma prática comum é modificar a cadência de movimento de cada uma destas fases com o intuito de obter distintas respostas fisio-mecânicas de forma aguda e crônica. Para esse fim, o tempo de execução de cada fase do movimento pode ser descrito por uma sequência de dígitos, como, por exemplo, 3/0/X/V (excêntrica/isométrica/concêntrica/isométrica), na qual cada valor indica a duração da respectiva fase em segundos, sendo “X” indicativo de execução na máxima velocidade voluntária e “V” a utilização de uma cadência volitiva naquela fase (Wilk; Tufano; Zajac, 2020).

A cadência de movimento utilizada durante um levantamento também está diretamente relacionada com o tempo sob tensão. Assim, enquanto mais longas sejam as cadências, mais tempo sob tensão será acumulado na execução do exercício e, portanto, mais volume de treinamento será executado. O tempo sob tensão corresponde ao tempo total durante o qual o músculo permanece sob tensão mecânica contrátil durante a execução de um exercício, somando o tempo investido nas fases concêntricas, isométricas e excêntricas. Este poder ser calculado da seguinte forma: 4 repetições com cadência 2/0/1/0 (3 segundos cada repetição); 4 repetições x 3 segundos cada uma = 12 segundos de tempo sob tensão numa série (Wilk; Tufano; Zajac, 2020). Além da modificação da cadência de movimento, o tempo sob tensão também pode ser modificado pelo número de repetições executadas ou pela fadiga neuromuscular (Meireles et al., 2025). Isto é importante, já que a manipulação do tempo sob tensão pode gerar distintas respostas mecânicas, fisiológicas e metabólicas de forma aguda e crônica (Wilk; Zajac; Tufano, 2021). E, além disso, um longo tempo sob tensão pode aumentar a fadiga gerada pelo exercício, afetando o desempenho neuromuscular (Cleary, 2025).

2.5.1 Respostas agudas à manipulação da cadência de movimento

Devido a que a cadência de movimento altera variáveis importantes do TR, como a velocidade de execução, o tempo sob tensão e o volume de treinamento, distintas cadências podem produzir distintas respostas fisio-mecânicas agudas (Wilk; Tufano; Zajac, 2020).

Como já foi comentado, as cadências longas diminuem a velocidade de execução. Portanto, as variáveis associadas à velocidade, como a velocidade média e máxima da barra durante um levantamento, além da potência produzida, alcançam menores valores com cadências longas e aumentam com cadências curtas. Estas variáveis representam o desempenho neuromuscular, o qual também tem sido avaliado através da ativação muscular nos estudos sobre cadência de movimento, encontrando resultados confundidores (Wilk; Zajac; Tufano, 2021). Contudo,

cadências curtas têm demonstrado provocar uma maior ativação muscular do que as cadências longas, o que pode ser atribuído a um maior recrutamento de UMs causado pela maior produção de força máxima necessária para executar os levantamentos a altas velocidades. Em relação a isto, as cadências longas podem diminuir o número de repetições possíveis numa série, indicando uma maior geração de fadiga neuromuscular (Wilk; Tufano; Zajac, 2020). Isto pode ser o resultado da sustentação de longos esforços musculares, os quais prolongam a produção de potenciais de ação das UM, gerando uma fadiga de origem neural. Importantemente, este fator pode influenciar o desempenho neuromuscular, já que a fadiga produzida afetará a produção de força máxima (Cleary, 2025).

Embora as cadências mais longas aumentem o tempo sob tensão e a fadiga gerada, estas não parecem aumentar o estresse metabólico muscular quando comparadas com cadências mais curtas. Através da avaliação dos níveis de lactato sanguíneo, tem-se demonstrado que as cadências curtas podem produzir mais estresse metabólico que as lentas. Isto se atribui a que cadências curtas permitem a realização de um maior número de repetições e, portanto, um maior número de contrações concêntricas, as quais podem gerar um maior gasto energético do que as excêntricas. Em adição, a maior produção de força necessária para aplicar velocidade à barra pode gerar um maior recrutamento de fibras tipo II, aumentando as fontes de produção de lactato durante a série. Por outro lado, o efeito das diferentes cadências de movimento sobre as respostas hormonais é confuso, devido à heterogeneidade metodológica dos estudos sobre o tema. Contudo, espera-se que maiores volumes de treinamento possam gerar um maior estresse fisiológico e uma maior resposta hormonal. Já que as contrações excêntricas produzem menor estresse metabólico e gasto energético do que as concêntricas, não é raro que cadências longas possam reduzir a resposta hormonal, ao limitar o número de repetições e, com isto, limitar o número de contrações concêntricas realizadas (Wilk; Tufano; Zajac, 2020).

2.5.2 Respostas crônicas à manipulação da cadência de movimento

As respostas agudas durante uma sessão de treinamento determinarão as respostas crônicas, chamadas também de adaptações ao treinamento. Portanto, é possível manipular a cadência de movimento para gerar distintos tipos de adaptações segundo as necessidades do atleta (Wilk; Zajac; Tufano, 2021).

Devido às particularidades biomecânicas de cada tipo de ação muscular, propõe-se que modificar a cadência de movimento de forma diferenciada nas fases excêntrica e concêntrica poderia ser a melhor opção para obter distintas adaptações neuromusculares. Quando se trata de adaptações morfológicas associadas à hipertrofia muscular, recomenda-se a utilização de fases excêntricas longas e fases concêntricas de máxima velocidade. Isto se fundamenta no fato de que as contrações excêntricas prolongadas podem aumentar o estresse metabólico, o dano muscular e a degradação proteica. Por outro lado, contrações concêntricas de máxima velocidade podem aumentar a força produzida, que, junto ao aumento da fadiga associada, pode aumentar o recrutamento de fibras tipo II. Em conjunto, estas respostas agudas podem aumentar o estímulo hipertrófico no tecido muscular (Wilk; Zajac; Tufano, 2021).

Um maior desempenho neuromuscular durante o TR se associa a um aumento da força máxima a longo prazo. Por isso, não é surpreendente que cadências de movimento mais curtas possam aumentar as adaptações neurais ao produzir maiores níveis de força durante uma série. Embora existam resultados contraditórios sobre ativação muscular produzida por cadências longas e curtas, é esperável que maiores velocidades de execução recrutem mais fibras tipo II pelo aumento das demandas de força muscular. Porém, cadências longas podem contribuir para o aumento da força muscular a longo prazo através do aumento da hipertrofia muscular (Wilk; Zajac; Tufano, 2021). Desta forma, a modificação da cadência de movimento deverá responder às necessidades de cada atleta, tendo em conta os objetivos de adaptações crônicas do programa de treinamento. Especificamente no PP, as adaptações neurais podem ser prioritárias em relação à geração de hipertrofia muscular. Porém, a longo prazo, cadências longas e curtas

podem ser úteis para aumentar o desempenho neste esporte, seja por vias morfológicas ou neurais.

2.6 Cadência de movimento excêntrica no supino

Como comentado na seção anterior, é possível modificar a cadência de uma das fases do exercício para obter respostas agudas e crônicas específicas. No caso da cadência excêntrica, esta pode ser alongada para maximizar o estímulo hipertrófico ou encurtada para favorecer o desempenho neuromuscular concêntrico. Especificamente no supino, a literatura é limitada e metodologicamente heterogênea (Wilk; Tufano; Zajac, 2020; Wilk; Zajac; Tufano, 2021).

De forma geral, a literatura indica que as cadências excêntricas mais curtas resultam em um aumento da velocidade, força e potência na fase concêntrica em relação às cadências mais longas. Pryor et al. compararam várias combinações de cadências excêntricas e concêntricas com e sem pausas no peito durante o supino (80% 1RM) em 26 atletas jovens treinados em força. Os autores analisaram a produção de potência concêntrica, encontrando que as cadências excêntricas curtas sem pausa no peito produziram maior potência que as cadências longas e as cadências curtas com pausa no peito (Pryor; Sforzo; King, 2011). Trybulski et al. compararam os efeitos de duas combinações de cadências durante múltiplas séries de 3 repetições de supino (60% 1RM) sobre a velocidade de execução em 20 homens treinados. Por um lado, utilizaram cadências de máxima velocidade de execução excêntrica e concêntrica (explosivas), e por outro, utilizaram cadências excêntricas longas nas primeiras duas repetições da série e cadências explosivas na última repetição. Encontraram que a cadência explosiva resultou em maior velocidade máxima do que a cadência longa, sem diferenças na velocidade média (Trybulski et al., 2021). Outro estudo de Trybulski et al. comparou cadências excêntricas volitivas e de velocidade máxima em seis séries sucessivas de supino com intensidades progressivas de 40% a 90% do 1RM em 10 homens treinados. A cadência mais rápida resultou em maior velocidade média em todas as cargas, menos na de 90% do 1RM. Além disso, a velocidade máxima só aumentou entre

40% e 70% do 1RM, sem apresentar diferenças nas cargas de 80% e 90% do 1RM (Trybulski et al., 2022b). Wilk et al. compararam cadências excêntricas de 2 segundos e 6 segundos no supino a 70% do 1RM em 33 homens treinados. Os autores encontraram que as cadências mais curtas resultaram em maiores valores de potência média e máximos e de velocidade média e máxima do que as cadências longas (Wilk et al., 2019). Tsoukos et al. compararam cadências de velocidade máxima e cadências mais lentas (50% da velocidade da cadência máxima) no supino a 70% do 1RM em 11 homens treinados. O estúdio resultou em que cadências máximas lograram mais produção de força e ativação muscular do que as cadências mais lentas (Tsoukos et al., 2024). Finalmente, Carzoli et al. testaram cadências normativas, mais lentas e mais rápidas no supino com cargas de 60% e 80% do 1RM em 16 atletas jovens. Os autores observaram que, na carga de 60% do 1RM, as cadências mais rápidas e mais lentas resultaram em maior VMP e Vmax comparadas com a cadência normativa. Por outro lado, com a carga de 80% do 1RM, a cadência mais rápida resultou em maior Vmax, mas sem diferenças na VMP.

Os resultados dos estudos apresentados são coerentes com a ideia de que o aumento da velocidade excêntrica gera efeitos positivos sobre o desempenho concêntrico no supino. Como comentado anteriormente, cadências mais curtas correspondem a maiores velocidades de execução. Ao mesmo tempo, a literatura acostuma analisar a velocidade de execução como indicador do desempenho concêntrico e, portanto, os termos “cadência curta” e “cadência rápida” são intercambiáveis, mesmo quando o conceito de “cadência” faz referência ao tempo de execução. O mesmo acontece com “cadências longas” e “cadências lentas”. Em relação a isto, Wilk et al. definiram as seguintes classificações das cadências segundo sua duração/velocidade: rápida (2–4,9 s), média (5–9,9 s) e lenta (10–14,9 s) (Wilk; Tufano; Zajac, 2020). Esta relação entre a velocidade excêntrica e o desempenho concêntrico se fundamenta nas bases da biomecânica muscular. Como comentado na seção 1.1.4, ações excêntricas aceleradas podem aumentar a participação do CAE através do aumento da acumulação de energia elástica e da contribuição neural (Turner; Jeffreys, 2010). Por outro lado, as cadências excêntricas

mais lentas, além de reduzir a participação do CAE durante o levantamento, podem gerar uma maior fadiga metabólica prévia à fase concêntrica, diminuindo a produção de força (Wilk; Tufano; Zajac, 2020). Importantemente, é possível que esta relação entre velocidade excêntrica e desempenho concêntrico não seja linear, senão mais bem parabólica. Esta ideia surge do fato de que velocidades excêntricas excessivas podem afetar o controle motor durante o levantamento, além de aumentar o momento da barra, fazendo com que o indivíduo precise de uma maior produção de força para frear a barra e começar a fase concêntrica (Handford et al., 2022). Assim, é possível que “cadências excêntricas ótimas” existam para cada indivíduo, segundo seus níveis de força, domínio motor do exercício e particularidades anatômicas.

Embora os estudos apresentados concordem com o racional do presente trabalho, estes possuem detalhes metodológicos destacáveis. Primeiro, estes não avaliaram nenhuma população de atletas experientes, o que poderia gerar contraste quando comparados com atletas de PP altamente treinados em força. Por outro lado, as cargas utilizadas no supino são variadas, o que dificulta a homogeneidade dos resultados. Além disso, muitas das cadências excêntricas testadas contemplavam as mesmas durações para todos os sujeitos, indicando uma falta de individualização do estímulo.

2.7 Cadência excêntrica normativa

Como previamente definido na seção 1.1.5, a cadência normativa corresponde à cadência de movimento naturalmente executada por um indivíduo que não recebeu indicações particulares sobre o tempo, a velocidade ou a intenção da execução (Carzoli et al., 2019; Ersöz, 2023). Esta também pode ser denominada cadência volitiva, porém, o presente estúdio adotará o termo “normativa”. Portanto, a cadência normativa excêntrica seria a cadência normalmente executada pelo indivíduo durante a fase excêntrica. É relevante destacar que cada indivíduo pode possuir uma cadência excêntrica normativa diferente, associada a seus níveis de força, particularidades anatômicas e domínio técnico e motor do levantamento realizado.

No PP, os fatores anatômicos podem ter especial relevância devido à diversidade de deficiências apresentadas pelos atletas. Por estes motivos, a individualização da modificação da cadência excêntrica normativa é importante, já que, por exemplo, 4 segundos de cadência excêntrica para um atleta podem significar um esforço similar à sua cadência normativa, enquanto para outro podem significar um esforço muito mais lento do que o normal.

O estudo de Carzoli et al. é o único estudo, ao nosso conhecimento, que manipulou a cadência excêntrica de forma individualizada por meio da obtenção da cadência normativa. Estes autores obtiveram a duração da fase excêntrica utilizando o transdutor de posição linear "*Open Barbell System"* (OBS) (Carzoli et al., 2019). Embora esta se qualifique como uma ferramenta econômica em comparação com outros transdutores de posição linear, outras opções, como a análise de movimento por captura de vídeo, podem ser eficazes e sem custo algum. Em outro trabalho, Carzoli et al. compararam o OBS com o software gratuito de análise de movimento *Kinovea.* Embora os resultados tenham mostrado que *Kinovea* pode sobrestimar as medidas de duração e velocidade da fase excêntrica (Carzoli et al., 2022), um estudo de Faj et al. encontrou uma alta confiabilidade na obtenção de variáveis excêntricas do salto contramovimento através de Kinovea quando comprado com o sistema *Qualysis* de captura 3D baseado em marcadores (Faj et al., 2025). Isto faz de Kinovea uma opção viável para obter a duração da fase excêntrica, como foi realizado no presente estudo.

2.8 Desempenho neuromuscular dinâmico e estático

A avaliação das manifestações dinâmicas e estáticas do desempenho neuromuscular é utilizada para obter indícios sobre o comportamento do sistema neuromusculoesquelético durante ações atléticas como, neste caso, o supino executado por atletas de PP.

O desempenho neuromuscular dinâmico durante o treinamento resistido pode ser medido através de distintos métodos e, entre eles, a velocidade de execução é

amplamente utilizada por pesquisadores e praticantes. Comumente medida com transdutores de posição linear enganchados na barra, a velocidade de execução possui duas variáveis principais: a velocidade média propulsiva (VMP) e a velocidade máxima (Vmax). Junto a elas, a potência mecânica gerada durante o levantamento também é usualmente mensurada. A VMP corresponde à velocidade média da barra durante a fase propulsiva do levantamento (fase concêntrica), enquanto a Vmax corresponde à velocidade pico obtida nesta fase. Em conjunto, estes são indicadores fiáveis dos níveis de força produzidos durante um levantamento, já que, enquanto mais rápido for o movimento, maior será a força aplicada pelo atleta. Além disso, a potência, por ser o produto da força aplicada pela velocidade de deslocamento, pode indicar a capacidade do atleta de gerar elevados níveis de força em altas velocidades. Na expressão destas variáveis mecânicas, é possível deduzir quão eficiente é o sistema neuromusculoesquelético durante um levantamento(González-Badillo; Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-Medina; González-Badillo, 2011).

Por outro lado, o desempenho neuromuscular estático é amplamente utilizado para obter indícios do desempenho neural de um atleta e tem demonstrado estar relacionado com o desempenho atlético dinâmico em variados esportes (Lum; Haff; Barbosa, 2020). As variáveis estáticas são obtidas através de testes isométricos, sendo a força isométrica máxima (FIM), a taxa de desenvolvimento da força (RFD) e o impulso as variáveis mais utilizadas. A FIM indica quanta força pode gerar um músculo durante uma contração estática máxima, sendo esta considerada uma manifestação pura da força, já que não é afetada por mudanças na geometria e na mecânica musculares. Esta se mede com aplicações de força de pelo menos 5 segundos, suficientes para alcançar os valores máximos de força. Em relação ao desempenho atlético, é importante que os testes isométricos simulem posições corporais específicas de ações esportivas (James et al., 2023). Na presente pesquisa, isso se reflete na utilização do teste de supino isométrico. Por outro lado, a RFD e o impulso são variáveis derivadas da curva de força-tempo e representam a velocidade à qual a força é gerada, sendo medidas de força explosiva. Estas refletem a habilidade de recrutar unidades motoras rapidamente e aplicar altas taxas de

disparo ante um movimento específico (Maffiuletti et al., 2016). Finalmente, variáveis secundárias como a variabilidade da força aplicada e a força máxima média durante 1 segundo (FMm1s) refletem a capacidade do sistema nervoso de sustentar a geração de força durante o esforço estático. Em conjunto, estas variáveis representam com fidelidade a contribuição neural sobre a produção de força, já que a força aplicada não se vê modificada pelas nuanças da mecânica muscular (James et al., 2023).

Todas as variáveis mencionadas, sejam dinâmicas ou estáticas, possuem uma sensibilidade à fadiga neuromuscular gerada pelo treinamento resistido. No caso desta pesquisa, as variáveis estáticas são utilizadas para avaliar o efeito das distintas cadências excêntricas sobre o desempenho neural. Tendo em conta que a modificação do tempo sob tensão pode alterar o grau de fadiga gerado pelo exercício, é possível que existam diferenças entre os efeitos de cadências mais lentas ou mais rápidas sobre o desempenho neural. Importantemente, as contrações musculares também podem gerar uma potenciação posterior que se sobrepõe à fadiga, como ocorre em fenômenos fisiológicos como a potenciação pós-ativação ou a potenciação do desempenho pós-ativação. Neste cenário, a avaliação dos efeitos de uma contração prévia sobre o desempenho neural é relevante para conhecer o balance entre fadiga e potenciação gerada (Blazevich; Babault, 2019).

No contexto do PP, o monitoramento de todas estas variáveis é particularmente importante, já que o desempenho competitivo neste esporte depende puramente das distintas manifestações da força, principalmente da força dinâmica lenta (força máxima) (Oliveira et al., 2023). Além disso, a capacidade de sustentar contrações prolongadas e aplicar velocidade ou explosividade durante os movimentos também pode ser importante para o esporte, já que certas fases do levantamento supino requerem manifestar estes tipos de força muscular.

2.9 Lacunas na literatura e justificativa do estudo

Embora exista uma grande variedade de estudos sobre a modificação da cadência de movimento no treinamento resistido, os estudos que avaliam este fator em atletas são limitados ou nulos, sendo a maioria destes conduzidos em pessoas treinadas ou não treinadas (Wilk; Tufano; Zajac, 2020; Wilk; Zajac; Tufano, 2021), ocorrendo o mesmo fenômeno na pesquisa sobre cadência excêntrica (Handford et al., 2022). Da mesma forma, não há estudos avaliando estes fatores em atletas com deficiências. Ante isso, surge a necessidade de entender como a modificação da cadência excêntrica afeta o desempenho em atletas experientes, que podem possuir maiores níveis de força e desenvolvimento técnico do que a população de pessoas treinadas. Isto cobra maior importância quando se trata do PP, em que a execução do supino precisa ser aprimorada ao máximo para obter resultados competitivos. Assim, conhecer os efeitos de distintas cadências excêntricas sobre o desempenho dos atletas de PP pode ajudar os praticantes a aprimorarem o desenvolvimento técnico ao longo da sua carreira esportiva.

Por outro lado, até a data só foi encontrado um estudo (Carzoli et al., 2019) no qual a cadência excêntrica foi modificada com base em indicadores individuais (cadência normativa). Este fator se faz altamente importante no contexto do PP, já que cada atleta possui um determinado desenvolvimento técnico adequado às suas capacidades de força e condições anatômicas e/ou deficiências. Portanto, modificações não individualizadas da cadência excêntrica poderiam gerar resultados pouco fiáveis ao não levar em conta a duração da fase excêntrica do indivíduo, já que o que para alguns atletas pode ser “lento” para outros pode corresponder a uma execução “normal”.

Diante destas lacunas, o presente estudo justifica-se por sua proposta de investigar os efeitos da modificação individualizada da cadência excêntrica em atletas de PP sobre o desempenho neuromuscular dinâmico e estático no supino. Esta pesquisa pode contribuir para ampliar o corpo de literatura em uma população não estudada no tema, além de aprofundar a compreensão dos efeitos específicos sobre o desempenho resultantes de uma mudança técnica que pode ser essencial

para o sucesso esportivo na modalidade. Os resultados desta pesquisa também podem contribuir com informação relevante para a prática do PP, definindo qual tipo de cadência pode ser mais efetivo para otimizar a técnica do levantamento durante treinamentos e competições e, dessa forma, melhorar o resultado competitivo no PP.

3 Objetivos da pesquisa

3.1 Pergunta de pesquisa

Quais são os efeitos do aumento ou da redução da cadência excêntrica normativa no exercício supino, em diferentes intensidades, sobre o desempenho neuromuscular dinâmico e estático de atletas de *Powerlifting* paralímpico?

3.2 Objetivo geral

Analisar os efeitos agudos de três cadências excêntricas distintas no exercício supino, executado a diferentes intensidades, sobre o desempenho neuromuscular dinâmico e estático em atletas de *Powerlifting* paralímpico.

3.3 Objetivos específicos

a) Avaliar o desempenho neuromuscular concêntrico (velocidade média propulsiva, velocidade máxima e potência) durante a execução do supino com cadências normativas, mais lentas (cadência normativa x0,75) e mais rápidas (cadência normativa x2,0); utilizando cargas de 80%, 90% e 100% do 1RM.

b) Avaliar o desempenho neuromuscular estático (força isométrica máxima, taxa de desenvolvimento da força, impulso, variabilidade da força e força máxima média em 1 segundo) após a execução do supino em todas as cadências testadas.

c) Avaliar qual das cadências resulta em maior desempenho concêntrico durante a execução do supino e em maior desempenho estático após a execução do supino, em cada uma das três intensidades testadas.

4. Materiais e Métodos

4.1 Desenho experimental

Esta pesquisa foi conduzida durante 9 semanas utilizando um desenho crossover contrabalanceado, no qual foram testadas cadências normativas (controle), mais lentas (cadência normativa x2.0) e mais rápidas (cadência normativa x0.75) na execução do supino, em três intensidades distintas: 80% (1 série de 5 repetições), 90% (1 série de 3 repetições) e 100% (1 série de 1 repetição) do 1RM. Utilizaram-se os mesmos instrumentos, procedimentos e estrutura temporal de avaliação para cada intensidade, formando 3 blocos independentes de avaliação aguda, de 3 semanas cada. Estes blocos foram compostos por uma semana de familiarização e duas de teste. Durante a semana de familiarização, realizaram-se três sessões. Na primeira sessão, foi realizado o teste de 1RM; na segunda, os atletas executaram uma série de supino com a cadência normativa, na intensidade correspondente à respectiva semana, a qual foi registrada em vídeo para o cálculo posterior das cadências experimentais. Esta mesma série foi utilizada para as comparações estatísticas e, no caso de 100% do 1RM, o mesmo teste de 1RM foi gravado e utilizado para a comparação. Na terceira sessão, os atletas praticaram as distintas cadências na intensidade correspondente, além de receberem indicações sobre os testes a realizar. Os atletas foram instruídos a não realizar atividade física extenuante nem consumir nenhum tipo de ajuda ergogênica nas 48 horas previas à intervenção. Durante as semanas de teste, realizou-se uma sessão de treinamento por semana. Para testar as distintas cadências de forma contrabalanceada, a amostra foi aleatoriamente dividida em 2 grupos. Assim, cada metade da amostra executou uma cadência distinta em cada sessão. Durante cada série de supino, avaliaram-se a velocidade média propulsiva, velocidade máxima e potência da barra como indicadores de desempenho neuromuscular concêntrico. Após a execução de cada série, realizou-se um teste de supino isométrico para avaliar o desempenho neuromuscular estático. Todos os procedimentos foram executados entre 7 a.m. e 12 p.m. A figura 1 ilustra o desenho do estudo e sua estrutura temporal.

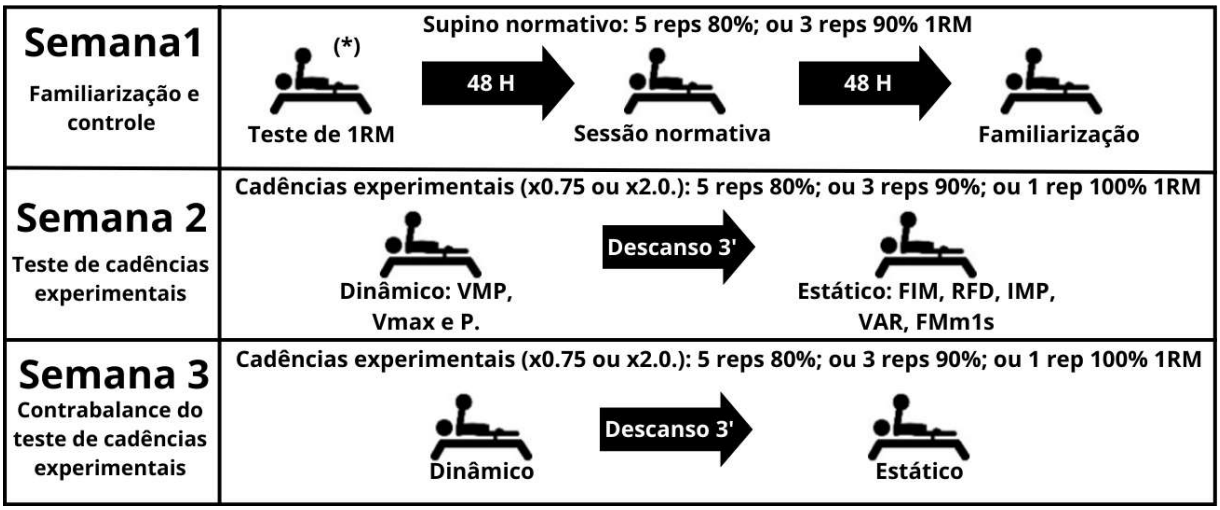

Figura 1**:** cc (*) A cadência normativa e a série normativa da carga de 100% do 1RM foram obtidas no teste de 1RM da semana correspondente. VMP: velocidade média propulsiva; Vmax: velocidade máxima; P: potência; FIM: força isométrica máxima; RFD: taxa de desenvolvimento da força; IMP: impulso; VAR: variabilidade; FMm1s: força máxima média em 1 segundo.

4.2 Amostra

Utilizou-se o *software* G*Power® versão 3.1.9.7 (Faul et al., 2007) para estimar o tamanho amostral mínimo para testar nossa hipótese. O cálculo considerou uma significância de α = 0.05, um poder de β = 0.80 e um tamanho de efeito = 0.4 (Cohen, 1988), resultando em um mínimo de n = 42 para obter um efeito grande no teste ANOVA de uma via (F [2,39] = 3.23), considerando 3 grupos (n = 14 por grupo). Como o presente estudo utilizou um desenho crossover, cada participante executou três condições distintas do mesmo exercício, o que possibilita comparações intraindividuais. Dessa forma, embora a amostra tenha sido composta por 16 atletas, foram obtidos 48 conjuntos de dados experimentais, correspondentes a 16 observações em cada condição: cadência normativa, cadência mais rápida e cadência mais lenta. Isto indica que o tamanho da nossa amostra (n = 16) foi adequado para testar a hipótese apresentada. Além disso, estudos anteriores têm sido publicados com tamanhos de amostra similares ou menores na pesquisa com atletas de PP (Dos Santos et al., 2021; Mendonça et al., 2021) e sobre a cadência excêntrica (Carzoli et al., 2019; Wilk et al., 2021).

Dezesseis (16) atletas de PP participaram neste estúdio (tabela 1). Os atletas eram elegíveis para a modalidade em razão de malformações nos membros inferiores (artrogripose) (06), sequelas decorrentes de poliomielite (01), amputações (04), lesões medulares abaixo da oitava vértebra torácica (04) e paralisia cerebral (01). Os critérios de inclusão compreenderam homens de entre 17 e 60 anos que tenham participado em pelo menos uma competição de PP de nível nacional nos últimos 12 meses, sem necessidade de estar em posições específicas do ranking nacional. Os critérios de exclusão foram apresentar lesões musculoesqueléticas que impeçam a normal execução do supino nos últimos 6 meses, sofrer uma lesão das mesmas características durante o curso do estudo, não atender a alguma das sessões de teste e o consumo de substâncias ilícitas (p.ex., esteroides anabólicos).

Os atletas participaram voluntariamente na pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme a Resolução nº 466/2012 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa do Conselho Nacional de Saúde. O estudo também foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe (UFS), sob o protocolo nº 6.523.247. Todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com a Declaração de Helsinque de 2013 da Associação Médica Mundial.

Tabela 1: características dos participantes da pesquisa *(n = 16)*

Variable	(Média ± Desvio padrão)
Idade (anos)	29.1±7.8
Massa corporal (Kg)	79.1±24.2
Experiência Competitiva (anos)	4.4±1.3
1RM (supino) (Kg)	140.3±36.6
1RM/massa corporal (Kg)	1.83±0.39a

1RM: uma repetição máxima; todos os atletas possuem cargas que os mantêm no top 10 da sua categoria a nível nacional. [a] Os atletas com valores sobre 1,4 de 1RM/massa corporal (Kg) no supino são considerados atletas de elite (Ball; Weidman, 2018)

4.3 Instrumentos e procedimentos

Mensuração da massa corporal: a massa corporal (MC) foi avaliada por meio de uma balança digital de plataforma (Michetti, São Paulo, SP, Brasil), com capacidade máxima de 300 kg e dimensões de 1,50 × 1,50 m. A MC dos atletas foi mensurada na posição sentada, de acordo com suas deficiências físicas.

Equipamentos de treinamento: todas as sessões de teste utilizaram equipamentos de treinamento resistido da marca Eleiko (Eleiko Sport AB, Halmstad, Suécia), aprovados pelo Comitê Paralímpico Internacional (WPPO, 2022b) . Para a execução do supino, foram utilizados um banco plano oficial (210 cm), uma barra olímpica (220 cm; 20 kg) e anilhas.

Aquecimento: o aquecimento dos membros superiores realizado antes do teste de 1RM, assim como antes das séries de supino avaliadas, foi o mesmo. De acordo com Santos et al. (Santos et al., 2023), o protocolo iniciou-se com três séries de 10–20 repetições de movimentos básicos com carga, incluindo abduções e rotações de ombro com halteres e o exercício de desenvolvimento de ombros em máquina, com duração aproximada de 10 minutos. Em seguida, foi realizado um aquecimento específico para o supino, composto por 10 repetições lentas (3/0/1/0) e 10 repetições rápidas (1/0/X/0), utilizando uma carga correspondente a 30% de 1RM.

Teste de uma repetição máxima (1RM): com base em Guerra et al. (Guerra et al., 2022), o teste de 1RM iniciou-se com o atleta levantando uma carga autoescolhida, que acreditava ser possível levantar apenas uma vez (carga de 1RM autoestimada), considerando seus resultados prévios em competições. Caso a carga selecionada fosse levantada com êxito, adicionava-se carga na barra até atingir o maior peso levantado em um único esforço, sem exceder cinco tentativas. Em caso de falha em uma tentativa, 2,4–2,5% da carga utilizada era subtraída para possibilitar uma nova tentativa. Um intervalo de descanso de 3–5 minutos foi adotado entre cada tentativa.

Determinação da cadência excêntrica normativa: a cadência excêntrica normativa (CEN) corresponde ao tempo naturalmente ou habitualmente despendido na fase excêntrica de um exercício de treinamento resistido (neste caso, o supino) (Carzoli et al., 2019). A CEN de cada atleta foi determinada por meio de uma análise tempo–movimento no software Kinovea, versão 0.9.5 (Free Software Foundation Inc., Boston, Massachusetts, EUA). Os dados de vídeo para a obtenção da CEN foram registrados durante a semana de familiarização (Fig. 1), utilizando uma câmera

GoPro 7 de alta resolução (4K, 30 FPS) (GoPro, São Paulo, SP, Brasil). O posicionamento da câmera e os procedimentos de calibração do software foram os mesmos descritos por Mesquita Souza et al. (Mesquita Souza et al., 2023). Na análise tempo–movimento, o tempo despendido na fase excêntrica de cada repetição da série foi obtido a partir da determinação de dois pontos temporais: (1) o início da descida da barra e (2) o momento em que a barra cessa o movimento no peito, imediatamente antes do início da fase ascendente. O intervalo entre esses dois pontos foi definido como a cadência excêntrica normativa de uma única repetição. Em seguida, a média da cadência excêntrica normativa do total de repetições da série foi estabelecida como a cadência excêntrica normativa do atleta.

Cadências e cargas de treinamento: as cadências de supino a avaliar foram estabelecidas de acordo com os procedimentos descritos por Carzoli et al. (Carzoli et al., 2019), sendo estas: cadência excêntrica normativa (controle), cadência excêntrica normativa × 2,0 (mais lenta) e cadência excêntrica normativa × 0,75 (mais rápida). A estrutura procedimental de todas as sessões de teste foi idêntica. Os atletas realizaram os testes conforme a ordem de chegada, iniciando pelo aquecimento previamente descrito. Cada intensidade testada teve uma própria carga associada, sendo estas: 1 série de 5 repetições com o 80% do 1RM, 1 série de 3 repetições com o 90% do 1RM, e 1 série de 1 repetição com o 100% do 1RM. Portanto, realizou-se a mesma carga com cada uma das cadências estabelecidas. Todas as repetições foram realizadas sem pausa entre as fases excêntrica e concêntrica e sem o uso de rebote da barra no peito. Permitiu-se aos atletas utilizarem a técnica de ponte lombar durante os levantamentos.

Controle da execução das cadências experimentais: durante a sessão de familiarização, os atletas foram treinados para sincronizar a fase descendente do supino com um metrônomo auditivo (Metronome Beats; Stonekick, Londres, Reino Unido) (Carzoli et al., 2019). Para garantir a execução precisa da cadência de movimento planejada, o metrônomo foi ajustado para 120 batidas por minuto (BPM), sendo cada batida equivalente a 0,5 s (duas batidas por segundo). Na prática, por exemplo, se a cadência excêntrica normativa × 0,75 de um atleta fosse de 1,5 s, a

fase descendente do supino seria executada ao longo de três contagens do metrônomo a 120 BPM. Adicionalmente, foram fornecidas instruções verbais de “começa” e “sobe” a cada atleta. Considerando o exemplo anterior, o comando “começa” foi dado na primeira batida e o comando “sobe” foi dado na quarta batida.

Avaliação do desempenho neuromuscular: Durante as séries de supino, um transdutor linear (Speed4Lift®, Madrid, Espanha) (Pérez-Castilla et al., 2019) foi acoplado à barra para mensurar a velocidade média propulsiva (VMP), a velocidade máxima (VMax) e a potência (P), como indicadores de força dinâmica e desempenho concêntrico. Apenas a melhor repetição da série foi incluída na análise estatística. Após o supino, os atletas repousaram por aproximadamente 5 minutos antes da realização do teste de supino isométrico, a fim de obter as seguintes variáveis de força estática: força isométrica máxima (FIM), taxa de desenvolvimento de força (RFD), impulso, variabilidade da força isométrica (variabilidade) e força máxima média em 1 segundo (FMm1s). As variáveis de força isométrica foram mensuradas por meio de uma célula de carga (Chronojump, BoscoSystem, Barcelona, Espanha) acoplada ao banco e à barra por meio de uma corrente de aço, conforme descrito detalhadamente por Resende et al. (Resende et al., 2020) (Fig. 2). Durante o teste, a posição na qual a força foi exercida contemplava aproximadamente 90° de flexão de cotovelo a uma distância de aproximadamente 15 cm entre a barra e o peito.

4.4 Estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 25.0 (IBM, Nova York, EUA). A estatística descritiva de todas as variáveis é apresentada como média ± desvio padrão (DP), acompanhada de seus respectivos intervalos de confiança de 95% (IC). O teste de Shapiro–Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados. Uma análise de variância de uma via (ANOVA one-way), com *post hoc* de Bonferroni, foi utilizada para avaliar as diferenças entre as cadências, adotando-se um nível de significância estatística de $p \leq 0,05$. O tamanho do efeito foi calculado por meio do eta quadrado parcial (η^2p), a fim de avaliar a magnitude das diferenças. De acordo com Cohen (Cohen, 1988), as seguintes interpretações de tamanho de efeito foram adotadas:

efeito pequeno (≤ 0,05), efeito médio (0,05–0,25), efeito alto (0,25–0,50) e efeito muito alto (> 0,50).

5 Resultados

5.1 Desempenho neuromuscular dinâmico

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados do desempenho concêntrico durante o exercício supino em diferentes cadências, com 80%, 90% e 100% do 1RM, respectivamente.

Não foram observadas diferenças entre a cadência normativa e as demais cadências nas cargas de 80% e 90% de 1RM. As cargas de 90% e 100% resultaram em diferenças significativas em todas as variáveis ($p<0.001$) entre cadências mais rápidas e mais lentas. Contudo, a carga de 80% do 1RM resultou em diferenças significativas de VMP ($p<0.002$) e P ($p<0.008$) entre as cadências mais rápidas e as mais lentas, sem diferenças na Vmax. Com 100% do 1RM, a cadência normativa apresentou diferenças significativas de VMP ($p<0.018$) e P ($p<0.016$) em relação à cadência mais rápida.

Tabela 2**:** desempenho neuromuscular concêntrico resultante de uma série de supino com 80% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.

Cadência	VMP (m/s)	Vmax (m/s)	P (W)
Mais lento (x2.0)	0,38±0,10	0,63±0,07	371,69±116,83
“a”	(0,32-0,43)	(0,48-0,64)	(309,43-433,94)
Normativo	0,42±0,08	0,59±0,15	421,75±115,28
“b”	(0,38-0,46)	(0,51-0,67)	(360,32-483,18)
Mais rápido (x0.75)	0,47±0,06 a	0,63±0,07	464,19±119,49 a
“c”	(0,44-0,50)	(0,59-0,66)	(400,52-527,86)
p	“a” *p*=0.002	*p*=0.166	“a” *p*=0.008
F (2,30)	8.849	XXX	7.517
ηp2	0.371	XXX	0.334

p ≤ 0,05 (ANOVA one-way e post hoc de Bonferroni). η2p = eta quadrado parcial: efeito pequeno (≤ 0,05), efeito médio (0,05–0,25), efeito alto (0,25–0,50) e efeito muito alto (> 0,50). VMP: velocidade média propulsiva; Vmax: velocidade máxima; P: potência.

Tabela 3**:** desempenho neuromuscular concêntrico resultante de uma série de supino com 90% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.

Cadência	VMP (m/s)	Vmax (m/s)	P (W)
Mais lento (x2.0)	0,29±0,07	0,41±0,11	320,44±65,69
“a”	(0,26-0,33)	(0,35-0,46)	(285,44-355,44)
Normativo	0,33±0,09	0,48±0,17	376,19±134,26
“b”	(0,28-0,38)	(0,39-0,57)	(304,65-447,73)
Mais rápido (x0.75)	0,37±0,07 a	0,50±0,11 a	414,44±103,83 a
“c”	(0,33-0,41)	(0,45-0,56)	(359,11-469,76)
p	“a” $p<0.001$	“a” $p<0.001$	“a” $p=0.001$
F	7.307	4.651	8.713
ηp2	0.328	0.237	0.367

p ≤ 0,05 (ANOVA one-way e post hoc de Bonferroni). η2p = eta quadrado parcial: efeito pequeno (≤ 0,05), efeito médio (0,05–0,25), efeito alto (0,25–0,50) e efeito muito alto (> 0,50). VMP: velocidade média propulsiva; Vmax: velocidade máxima; P: potência.

Tabela 4**:** desempenho neuromuscular concêntrico resultante de uma série de supino com 100% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.

Cadência	VMP (m/s)	Vmax (m/s)	P (W)
Mais lento (x2.0)	0,12±0,05	0,23±0,07	150,31±64,27
“a”	(0,10-0,15)	(0,19-0,27)	(116,06-184,56)
Normativo	0,16±0,09	0,29±0,12	186,63±98,70
“b”	(0,11-0,20)	(0,22-0,35)	(134,03-239,22)
Mais rápido (x0.75)	0,21±0,08 a, b	0,33±0,09 a	248,69±65,80 a, b
“c”	(0,17-0,25)	(0,28-0,38)	(213,63-283,75)
p	“a” $p<0.001$ “b” $p=0.018$	“a” $p<0.001$	“a” $p=0.001$ “b” $p=0.016$
F	11.536	8.645	9.417
ηp2	0.435	0.366	0.386

p ≤ 0,05 (ANOVA one-way e post hoc de Bonferroni). η2p = eta quadrado parcial: efeito pequeno (≤ 0,05), efeito médio (0,05–0,25), efeito alto (0,25–0,50) e efeito muito alto (> 0,50). VMP: velocidade média propulsiva; Vmax: velocidade máxima; P: potência.

5.2 Desempenho neuromuscular estático

Os resultados do teste isométrico realizado após as séries de supino com 80%, 90% e 100% do 1RM estão apresentados nas tabelas 5, 6 e 7, respectivamente. Foram observadas diferenças significativas de impulso na carga de 80% ($p<0.006$) e 90% $p<0.029$) entre a cadência normativa e a mais rápida. Na carga de 80% do 1RM, se encontraram diferenças significativas de FMm1s ($p<0.030$) entre as cadências rápida e normativa. Na carga de 90% do 1RM, foram observadas diferenças significativas de FIM ($p<0.003$) entre a cadência normativa e a mais lenta. Não foram encontradas diferenças para as demais variáveis estáticas nem entre as outras cadências.

Tabela 5: desempenho neuromuscular estático após uma série de supino com 80% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.

Cadência	FIM (N)	RFD (N/s)	Impulso (N·s)	Variabilidade (N)	FMm1s (N)
Mais lento (x2.0) "a"	777,17±201,04 (670,04-884,30)	10347,13±6860,08 (6691,65-14002,61)	3201,00±822,50 (2762,72-3639,28)	2,53±1,33 (1,82-3,24)	734,36±189,82 (633,21-835,51)
Normativo "b"	801,81±207,59 (691,19-912,42)	12604,65±6140,51 (9332,60-15876,70)	3437,69±919,84 (2947,55-3927,84)	2,24±0,97 (1,73-2,76)	762,82±198,94 (656,82-868,83)
Mais rápido (x0.75) "c"	750,39±203,75 (641,83-858,96)	12820,58±9125,24 (7958,08-17683,07)	2909,14±1080,57 b (2333,35-3484,94)	2,76±1,22 (2,11-3,41)	701,05±179,62 b (605,34-796,76)
p	*p*=0.083	*p*=0.550	b *p*=0.006	*p*=0.324	b *p*=0.030
F (2,30)	XXX	XXX	6.377	XXX	3.675
˘ 2p	XXX	XXX	0.298	XXX	0.197

p ≤ 0,05 (ANOVA one-way e post hoc de Bonferroni). η2p = eta quadrado parcial: efeito pequeno (≤ 0,05), efeito médio (0,05–0,25), efeito alto (0,25–0,50) e efeito muito alto (> 0,50). FIM: força isométrica máxima; RFD: taxa de desenvolvimento da força; FMm1s: força máxima média em 1 segundo.

Tabela 6: desempenho neuromuscular estático após uma série de supino com 90% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.

Cadência	FIM (N)	RFD (N/s)	Impulso (N·s)	Variabilidade (N)	FMm1s (N)
Mais lento (x2.0) "a"	688,77±166,25 (600,18-777,36)	7814,14±3129,90 (6146,33-9481,95)	2902,31±705,92 (2526,15-3278,47)	2,27±0,77 (1,85-2,68)	660,14±161,75 (573,96-746,33)
Normativo "b"	803,44±238,27 a (676,47-930,40)	12904,29±8161,52 (8555,32-17253,26)	3335,73±1062,65 (2769,48-3901,97)	2,28±1,30 (1,58-2,97)	737,58±227,30 (616,46-858,70)
Mais rápido (x0.75) "c"	730,43±200,32 (623,69-837,18)	10194,46±6898,85 (6518,33-13870,60)	2999,62±864,91 b (2538,74-3460,49)	2,47±0,96 (1,95-2,98)	683,22±189,05 (582,48-783,96)
p	"a" *p*=0.003	*p*=0.057	"a" *p*=0.029	*p*=0.761	*p*=0.076
F (2,30)	5.405	XXX	5.447	XXX	XXX
˘ 2p	0.265	XXX	0.266	XXX	XXX

p ≤ 0,05 (ANOVA one-way e post hoc de Bonferroni). η2p = eta quadrado parcial: efeito pequeno (≤ 0,05), efeito médio (0,05–0,25), efeito alto (0,25–0,50) e efeito muito alto (> 0,50). FIM: força isométrica máxima; RFD: taxa de desenvolvimento da força; FMm1s: força máxima média em 1 segundo.

Tabela 7: desempenho neuromuscular estático após uma série de supino com 100% do 1RM (Média ± SD; 95% CI) utilizando diversas cadências excêntricas executadas por atletas de Powerlifting paralímpico.

Cadência	FIM (N)	RFD (N/s)	Impulso (N·s)	Variabilidade (N)	FMm1s (N)
Mais lento (x2.0) "a"	707,94±193,43 (604,87-811,01)	12993,00±7514,10 (8989,02-16996,98)	2889,06±957,24 (2378,99-3399,14)	3,47±1,67 (2,578-4,357)	649,98±196,27 (545,39-754,56)
Normativo "b"	763,82±216,87 (648,26-879,38)	12134,98±7492,40 (8142,56-16127,40)	3263,86±982,65 (2740,24-3787,47)	2,24±1,00 (1,711-2,779)	721,21±206,31 (611,28-831,15)
Mais rápido (x0.75) "c"	745,82±148,79 (666,54-825,11)	9812,56±4737,25 (7288,25-12336,86)	3045,86±700,74 (2672,46-3419,26)	2,43±0,97 (1,915-2,951)	703,73±149,52 (624,05-783,40)
p	*p*=0.402	*p*=0.394	*p*=0.213	*p*=0.051	*p*=0.213
F (2,30)	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
˘ 2p	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

p ≤ 0,05 (ANOVA one-way e post hoc de Bonferroni). η2p = eta quadrado parcial: efeito pequeno (≤ 0,05), efeito médio (0,05–0,25), efeito alto (0,25–0,50) e efeito muito alto (> 0,50). FIM: força isométrica máxima; RFD: taxa de desenvolvimento da força; FMm1s: força máxima média em 1 segundo.

6 Discussão

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar as diferenças entre cadências excêntricas normativas, mais lentas e mais rápidas, no desempenho neuromuscular dinâmico e estático, durante e após uma série de supino, respectivamente, em atletas de powerlifting paralímpico (PP). Hipotetizou-se que a modificação da cadência excêntrica teria efeitos negativos sobre o desempenho concêntrico (VMP, Vmax e potência) nos atletas de PP ao modificar um padrão técnico que poderia estar suficientemente otimizado. Importantemente, nossos resultados não sustentam esta hipótese em cargas submáximas, uma vez que não foram observados efeitos prejudiciais das cadências experimentais sobre o desempenho concêntrico e, além disso, foi identificado até mesmo um aumento do desempenho na carga de 100% de 1RM quando a velocidade excêntrica foi aumentada.

Os principais achados referentes ao desempenho concêntrico indicaram que a cadência excêntrica mais rápida resultou em maiores valores de VMP e P em todas as intensidades, e de Vmax apenas nas intensidades de 90% e 100% do 1RM (Tabelas 2, 3 e 4). Além disso, não foram observadas diferenças significativas em nenhuma variável ao comparar a cadência normativa com as cadências mais rápidas ou mais lentas nas intensidades de 80% e 90% do 1RM. Contudo, na intensidade de 100% do 1RM, uma cadência mais rápida resultou em maior VMP e potência do que a cadência normativa, sem apresentar diferenças na Vmax (Tabela 4). Em relação ao desempenho isométrico após a série de supino, a cadência normativa resultou em maior impulso do que a cadência mais rápida nas cargas de 80% e 90% do 1RM (tabelas 5 e 6). Além disso, a cadência normativa resultou em maior FMm1s do que a cadência rápida na carga de 80% do 1RM (tabela 5), enquanto a cadência normativa resultou em maior FIM do que a cadência mais lenta na carga de 90% do 1RM (tabela 6). Contudo, não foram encontradas diferenças significativas em nenhuma variável após a execução de supino ao 100% do 1RM.

6.1 Desempenho neuromuscular dinâmico

Devido à relação positiva entre a velocidade excêntrica e o desempenho concêntrico (Handford et al., 2022), não é surpreendente que cadências mais rápidas tenham resultado em maior desempenho concêntrico do que as cadências mais lentas, em todas as cargas testadas. Isto se fundamenta na capacidade da velocidade excêntrica de aumentar a participação do ciclo alongamento-encurtamento, junto com a contribuição de mecanismos neurais como o reflexo miotático, os quais aumentam a produção de força concêntrica (Handford et al., 2022). Além disso, como os atletas de PP são especialmente fortes, é possível que mecanismos inibitórios como os associados ao órgão tendinoso de Golgi diminuam sua ativação, contribuindo ainda mais para a produção de força (Turner; Jeffreys, 2010). Não obstante, não se observaram diferenças de Vmax entre as distintas cadências executadas com 80% do 1RM, diferindo do resultado obtido com as outras cargas. Neste sentido, outros estudos têm apresentado resultados variados. Wilk et al. (Wilk et al., 2019), ao compararem cadências excêntricas lentas (6 s) e rápidas (2 s) no exercício supino a 70% de 1RM em 33 homens treinados, observaram que a cadência mais rápida resultou em maiores valores de P, VMP e Vmax. Outro estudo de Trybulski et al. (Trybulski et al., 2022b) comparou cadências excêntricas normativas e de velocidade máxima em seis séries sucessivas de supino com intensidades progressivas de 40% a 90% do 1RM em 10 homens treinados. A cadência mais rápida resultou em maior VMP em todas as cargas, menos na de 90% do 1RM. Além disso, a Vmax só aumentou entre 40% e 70% do 1RM, sem apresentar diferenças nas cargas de 80% e 90% do 1RM. Contudo, o protocolo experimental de Trybulski et al. incluiu séries sucessivas, de modo que a fadiga gerada pelas séries anteriores pode ter influenciado os resultados. Contudo, a comparação dos nossos resultados com os estudos citados se dificulta devido às diferenças nas metodologias empregadas, como a modificação não individualizada da cadência excêntrica ou a utilização de séries sucessivas na sessão de teste. Mesmo assim, estes resultados concordam de forma geral com o fato de cadências excêntricas mais rápidas produzirem um aumento no desempenho concêntrico.

Por outro lado, o estudo de Carzoli et al., no qual se baseou nossa metodologia, testou cadências normativas, mais lentas e mais rápidas no supino com cargas de 60% e 80% do 1RM em 16 atletas jovens. Os autores observaram que, na carga de 60% do 1RM, as cadências mais rápidas e mais lentas resultaram em maior VMP e Vmax comparadas com a cadência normativa. Por outro lado, com a carga de 80% do 1RM, a cadência mais rápida resultou em maior Vmax, mas sem diferenças na VMP. Embora a cadência excêntrica normativa tenha sido alterada com o mesmo método, os resultados de Carzoli et al. diferem dos nossos, já que na carga de 80% do 1RM não encontramos diferenças de Vmax, e sim de VMP (Carzoli et al., 2019). Pensamos que estas discrepâncias foram produzidas pela diferença da população estudada. Diferentemente dos homens treinados em força, os atletas de PP executam sessões de treinamento de forma constante e sistemática, utilizando altos volumes de supino com o 80% do 1RM (Oliveira et al., 2023). Isto poderia desenvolver um maior domínio da técnica e uma otimização da aplicação de força concêntrica nesta zona de carga, reduzindo assim a variabilidade de Vmax resultante. Um suposto similar pode ser utilizado para explicar por que não houve mudança de Vmax na carga de 80% do 1RM, e sim nas cargas de 90% e 100% do 1RM. Partindo do pressuposto de que cada zona de carga possui um volume máximo executável próprio, as zonas de intensidade associadas ao 80% podem utilizar volumes de até 8 repetições máximas, enquanto alguns atletas só conseguem realizar entre 4 e 1 repetição com cargas entre o 90% e o 100% do 1RM no supino (Nuzzo et al., 2024). Portanto, o domínio técnico da zona de 80% poderia ser superior ao das outras zonas de maior intensidade, resultando na discrepância de resultados observada.

Embora as cadências mais rápidas tenham gerado maior desempenho concêntrico do que as mais lentas, não se encontraram diferenças significativas entre a cadência normativa e as mais rápidas e lentas nas cargas de 80% e 90% do 1RM. Isto indica que os atletas de PP não sofreram melhorias nem detrimentos no desempenho concêntrico ao aumentar ou diminuir a velocidade excêntrica na execução com estas cargas. Contudo, a cadência mais rápida resultou em um

aumento da VMP e da P na carga de 100% do 1RM quando comparada com a cadência normativa, mas sem mudanças na Vmax. A falta de aumento de Vmax nesta carga pode estar relacionada com o fato de atletas de PP apresentarem baixas velocidades máximas durante os levantamentos com 100% do 1RM (Loturco et al., 2019), dificultando o aumento da Vmax inclusive com uma otimização da velocidade excêntrica. Por outro lado, o desempenho concêntrico normativo nas cargas de 80% e 90% do 1RM não melhorou com a utilização de cadências mais rápidas, como aconteceu na carga de 100% do 1RM. Este resultado pode estar relacionado novamente ao volume máximo executável em cada carga, já que cargas de 80% e 90% permitem executar entre 8 e 4 repetições máximas, enquanto a carga de 100% permite só uma (Nuzzo et al., 2024). Este maior volume realizável pode contribuir para que atletas de PP desenvolvam uma fase excêntrica suficientemente rápida a essas intensidades, que possivelmente não se beneficiaria de aumentos adicionais de velocidade. Por outro lado, o menor volume executado com cargas de 1RM pode ser insuficiente para permitir esse mesmo fenômeno, mesmo em atletas altamente treinados. Esses achados sugerem que muitos anos de prática no PP podem ser necessários para otimizar a velocidade excêntrica em levantamentos com carga de 1RM. Ao mesmo tempo, a otimização técnica tende a emergir inicialmente durante a execução de cargas de menor intensidade (90% de 1RM ou inferiores).

Esta parece ser a primeira investigação a aumentar e diminuir a velocidade excêntrica do exercício supino com carga de 100% de 1RM utilizando cadências ajustadas individualmente, uma vez que estudos anteriores testaram cadências com durações específicas iguais para todos os participantes. Wilk et al. avaliaram cadências excêntricas de 2 s (rápida), 4 s (moderada) e 6 s (lenta) no supino durante um teste de 1RM em mulheres treinadas em força. Os resultados indicaram que cadências mais rápidas resultaram em maiores cargas levantadas em comparação às mais lentas (Wilk et al., 2020b). Em outro estudo, Wilk et al. investigaram a fase excêntrica do supino com cadência normativa, de 2 s (mais rápida), 5 s (moderada), 8 s (lenta) e 10 s (extremamente lenta) em homens saudáveis, observando que a cadência normativa e a de 2 s resultaram em maiores cargas levantadas do que as

cadências mais lentas (Wilk et al., 2020a). Embora esses estudos não tenham utilizado a modificação individualizada das cadências, seus resultados concordam parcialmente com os nossos, ao sugerirem que cadências normativas e rápidas promovem maior desempenho concêntrico do que cadências lentas. Entretanto, em nossos atletas de PP, não foi observada redução do desempenho concêntrico nem da carga levantada quando a velocidade foi diminuída por meio de cadências excêntricas mais longas. Essa discrepância entre os resultados pode estar relacionada também às diferenças populacionais entre os estudos. Atletas de PP desenvolvem elevados níveis de força no supino e realizam levantamentos com cargas máximas (1RM) de forma consistente durante sessões de treinamento e competições (Van Den Hoek et al., 2023). Assim, é esperado que atletas de PP apresentem maior desempenho concêntrico no supino em cargas de intensidade máxima quando comparados a homens e mulheres bem treinados em força, mesmo diante de perturbações técnicas, como a execução com cadência mais lenta. Esse fator também pode explicar o efeito não prejudicial das cadências mais lentas sobre o desempenho concêntrico às demais cargas.

Em conjunto, os nossos resultados de desempenho neuromuscular dinâmico concordam parcialmente com a relação entre o aumento da velocidade excêntrica e a melhora do desempenho concêntrico, já que as cadências mais rápidas resultaram em maior velocidade de execução e potência do que as mais lentas de forma significativa. Além disso, pode ser observada uma tendência nos resultados de VMP e P, os quais demonstram que cadências mais rápidas geram maior desempenho concêntrico que as normativas, e as normativas que as mais lentas, mesmo não existindo diferenças significativas nessas comparações. Contudo, o desempenho concêntrico não respondeu de forma uniforme à modificação da cadência normativa em função das distintas intensidades. A quantidade de volume executado em cada uma das intensidades pelos atletas de PP durante suas jornadas de treinamento rotineiras pode ser um dos fatores relevantes, já que um maior volume de execução pode levar a domínios técnicos e motores que podem otimizar a produção de força, a ponto de esta não se ver afetada por perturbações técnicas, como o alongamento ou

o encurtamento da cadência excêntrica. Não obstante, como o aumento da velocidade excêntrica normativa na carga de 100% do 1RM resultou em uma melhora do desempenho, é possível que o volume executado nesta zona de intensidade seja insuficiente para alcançar a otimização técnica das outras zonas. Isto sugere que alcançar uma otimização da velocidade excêntrica em cargas máximas pode requerer décadas de experiência no PP.

6.2 Desempenho neuromuscular estático

Os resultados de força estática indicam que, após uma série de supino a 80% e 90% de 1RM, a cadência normativa resultou em maior impulso do que uma cadência excêntrica mais rápida. Além disso, a cadência normativa resultou em mais FMm1s do que a cadência mais rápida na carga de 80% e mais FIM do que a cadência mais lenta na carga de 90% do 1RM. Em conjunto, estes resultados indicam que a cadência normativa pode ser superior para manter um desempenho neuromuscular (Impulso, FIM e FMm1s) após a execução do supino. Esses resultados podem estar relacionados aos efeitos das diferentes cadências de movimento sobre o tempo sob tensão e o volume total executado. Quando se trata de iguais distâncias de percurso de barra e amplitudes de movimento, cadências excêntricas mais longas ou mais lentas correspondem a um maior tempo sob tensão e, portanto, a um maior volume de trabalho executado (Wilk; Tufano; Zajac, 2020). Ao mesmo tempo, à medida que a velocidade aumenta, o tempo de execução diminui e o volume executado também diminui. Assim, é esperado que um maior volume executado resulte em um maior grau de fadiga neuromuscular, o que pode reduzir o desempenho neuromuscular estático, que depende altamente da contribuição neural (D'Emanuele et al., 2021). A dosagem do volume e a fadiga são importantes para a manutenção do desempenho neuromuscular ao longo de esforços sucessivos. Se bem que esforços prévios possam prejudicar o desempenho posterior, estes também podem gerar uma potenciação dele através de fenômenos fisiológicos como a potenciação pós-ativação (PPA) e/ou a potenciação do desempenho pós-ativação (PDPA) (Blazevich; Babault, 2019).

Os fenômenos de PPA e PDPA se ativam e atuam através de distintos mecanismos fisiológicos que poderiam se superpor entre si. Contudo, ambos podem ser ativados por contrações musculares de alta intensidade, conhecidas como atividades condicionantes, e sua magnitude dependerá de diversos fatores relacionados à carga e às características individuais do atleta. Se bem que ambos os fenômenos possuam origens fisiológicas distintas, a sua coexistência e contribuição conjunta para a potenciação do desempenho não são descartadas (Blazevich; Babault, 2019). Como o presente estudo não realizou testes isométricos em um desenho pré–pós, não é possível obter medidas diretas da magnitude de um possível efeito PPA ou PDPA. Ainda assim, nossos resultados sugerem que cadências normativas podem ser mais adequadas do que cadências mais rápidas e mais lentas para melhorar ou manter o desempenho neural em uma série subsequente de supino, por meio de um possível aumento da eficiência neuromuscular observada no aumento do impulso, FIM e FMm1s (Aagaard et al., 2002). Os resultados encontrados são coerentes, uma vez que existe uma relação entre o volume da atividade condicionante e o nível de potenciação atingido. Desta forma, cadências mais lentas podem ter mascarado a potenciação ou prejudicado a manutenção do desempenho ao induzir uma maior fadiga. Por outro lado, atletas mais fortes necessitam de maiores volumes de carga para atingir estados de potencialização (Wilson et al., 2013), sugerindo que uma cadência mais rápida pode ter sido insuficiente para induzir o mesmo grau de potencialização do desempenho que a cadência normativa em atletas de PP experientes.

Considerando que nos esportes de força máxima altamente técnicos, como o PP, a contribuição neural ao desempenho do levantamento é crítica, preservar esta habilidade ao longo de uma sessão de treinamento ou durante a competição pode contribuir para a melhora do desempenho atlético. Durante o supino, o impulso pode ser importante para aumentar a aceleração da barra em momentos-chave com o intuito de superar os denominados *“sticking points”*. Estes são pontos específicos do percurso do levantamento em que diversos fatores biomecânicos dificultam a aplicação de força, conduzindo à falha do levantamento (Kompf; Arandjelović, 2016).

De forma similar, a manutenção ou aumento da FIM pode ser importante para a qualidade do levantamento. Embora ainda não tenha sido provada a relação positiva entre o teste de supino isométrico e o desempenho dinâmico no supino, a FIM tem sido relacionada com o desempenho atlético dinâmico em variadas disciplinas (Lum; Haff; Barbosa, 2020). Por outro lado, Reya et al. analisaram os fatores técnicos e neuromusculares dos levantamentos máximos de supino em um grupo de homens *Powerlifters* de nível internacional. Os autores encontraram que no ponto em que a barra possuía menor velocidade propulsiva, os cotovelos se encontravam em um ângulo de 48,7° (39,9–57,6) (Reya et al., 2021). Considerando que nosso teste de supino se executou com um ângulo de aproximadamente 90° de cotovelo, os maiores níveis de FIM encontrados podem coincidir com uma melhora na aplicação da força durante o momento de menor velocidade do levantamento, o qual provavelmente coincide com um ponto de desvantagem mecânica para a aplicação de força. Baixo argumento similar, a FMm1s também teria um efeito positivo. Esta variável indica quanta força máxima pode ser sustentada durante um determinado período. Portanto, a habilidade de manter maior força ao longo do tempo pode ser importante para manter a aceleração positiva da barra em momentos de desvantagem mecânica no levantamento.

Além dos resultados apresentados, foi possível observar uma tendência nos valores de RFD com 90% do 1RM, os quais apresentam uma relação similar aos resultados de impulso com a mesma carga (normativo > mais rápido > mais lento). Em adição, a variabilidade da força com 100% do 1RM também apresentou uma tendência favorecendo a execução normativa (normativo < mais rápido < mais lento). Em conjunto, estes resultados de desempenho neuromuscular estático sugerem que cadências normativas podem ser mais adequadas do que cadências mais lentas ou mais rápidas para manter ou melhorar o desempenho do supino em séries sucessivas. Durante treinamentos e aquecimentos competitivos, os descansos normalmente utilizados entre séries são de 3 a 5 minutos, similares ao tempo utilizado entre a nossa série de supino experimental e o teste isométrico. Nesse sentido, é possível extrapolar os resultados às práticas comuns de PP.

6.3 Limitações do estudo

A principal limitação deste estudo se encontra na falta de um teste isométrico prévio à série de supino com distintas cadências. Já que, sem ele, não é possível quantificar a potencialização do desempenho. Isto impede de gerar recomendações práticas mais concretas, como, por exemplo, para sessões de treinamento baseadas no método complexo (Cormier et al., 2022). Ante isto, faz-se necessária a condução de novas pesquisas que quantifiquem o nível de potenciação gerado por distintas cadências excêntricas em atletas de PP. Além disso, nosso estudo não controlou variáveis como alimentação ou sono, nem diferenciou os resultados segundo cada tipo de deficiência apresentada pelos atletas. Isto último se torna relevante devido à possibilidade de distintas deficiências poderem afetar a técnica de supino. Por último, atletas com deficiências de membros inferiores como os participantes deste estudo acostumam auxiliar sua locomoção com o uso de muletas ou cadeira de rodas. Esta forma de locomoção exige um constante trabalho dos membros superiores, o que pode gerar uma fadiga prévia à execução do exercício. Desta forma, não foi possível determinar se os atletas apresentavam ou não uma fadiga extra antes dos testes e se esta interferiu nos resultados.

7 Conclusão

A modificação da cadência excêntrica com base em parâmetros individualizados pode influenciar o desempenho concêntrico durante a execução do supino e o desempenho estático após sua execução. Em atletas experientes de powerlifting paralímpico, tanto o desempenho neuromuscular dinâmico quanto o estático parecem ser superiores quando o supino é realizado utilizando a cadência excêntrica habitual (normativa). Nem cadências excêntricas mais lentas nem mais rápidas se mostraram mais eficazes do que a execução normativa, sugerindo que desvios do ritmo ao qual o atleta está acostumado não oferecem vantagens de desempenho. No entanto, quando se trata de intensidades máximas (1RM), um aumento da velocidade excêntrica melhora o desempenho concêntrico, aumentando a velocidade e a potência do levantamento. O volume de treinamento que o atleta executa em cada zona de intensidade pode ser uma determinante importante para o

desenvolvimento técnico do levantamento com aquela carga, de forma que menores intensidades se associam a um maior volume de execução, levando a um maior domínio técnico do que as intensidades máximas. O fato de atletas experientes apresentarem maior domínio em cargas submáximas de alta intensidade sugere que muitos anos de aperfeiçoamento são necessários para dominar a técnica dos levantamentos máximos. Por fim, estudos futuros podem avaliar e quantificar os possíveis efeitos de potencialização neural decorrentes de diferentes cadências excêntricas, uma vez que nossos resultados sugerem que as cadências normativas são mais adequadas para aumentar o drive neural durante séries sucessivas em sessões de treinamento ou competições de powerlifting paralímpico.

Referências bibliográficas

AAGAARD, Per *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, 1 out. 2002.

AIDAR, Felipe J. *et al.* Force–velocity relationship in Paralympic powerlifting: two or multiple-point methods to determine a maximum repetition. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p. 159, 24 ago. 2022.

BALL, Robert; WEIDMAN, Drew. Analysis of USA Powerlifting Federation Data From January 1, 2012–June 11, 2016. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 1843–1851, jul. 2018.

BLANPIED, Peter; LEVINS, Jo-Anne; MURPHY, Evelyn. The Effects of Different Stretch Velocities on Average Force of the Shortening Phase in the Stretch-Shorten Cycle. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 21, n. 6, p. 345–353, jun. 1995.

BLAZEVICH, Anthony J.; BABAULT, Nicolas. Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1359, 1 nov. 2019.

CARZOLI, Joseph *et al.* Agreement Between Kinovea Video Analysis and the Open Barbell System for Resistance Training Movement Outcomes. **Journal of Human Kinetics**, v. 81, p. 27–39, 10 fev. 2022.

CARZOLI, Joseph P. *et al.* The effects of eccentric phase duration on concentric outcomes in the back squat and bench press in well-trained males. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 23, p. 2676–2684, 2 dez. 2019.

CASTILLO, F. *et al.* Maximum power, optimal load and optimal power spectrum for power training in upper-body (bench press): a review. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 5, n. 1, p. 18–27, mar. 2012.

CHMIELEWSKI, Terese L. *et al.* Plyometric Exercise in the Rehabilitation of Athletes: Physiological Responses and Clinical Application. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 36, n. 5, p. 308–319, maio 2006.

CLEARY, Benjamin. Fatigue Mechanisms and their Implications in Hypertrophy: A Review. **International Journal of Strength and Conditioning**, v. 5, n. 1, 22 ago. 2025.

COHEN, Jacob. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed., reprint ed. New York, NY: *[S.n.]*.

CORMIE, Prue; MCGUIGAN, Michael R.; NEWTON, Robert U. Developing Maximal Neuromuscular Power: Part 1 – Biological Basis of Maximal Power Production. **Sports Medicine**, v. 41, n. 1, p. 17–38, jan. 2011.

CORMIER, Patrick *et al.* Within Session Exercise Sequencing During Programming for Complex Training: Historical Perspectives, Terminology, and Training Considerations. **Sports Medicine**, v. 52, n. 10, p. 2371–2389, out. 2022.

D'EMANUELE, Samuel *et al.* Rate of Force Development as an Indicator of Neuromuscular Fatigue: A Scoping Review. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 15, p. 701916, 9 jul. 2021.

DOS SANTOS, Marcelo Danilllo Matos *et al.* Analysis of Grip Amplitude on Velocity in Paralympic Powerlifting. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 6, n. 4, p. 86, dez. 2021.

DUCHATEAU, Jacques; BAUDRY, Stéphane. Insights into the neural control of eccentric contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 11, p. 1418–1425, 1 jun. 2014.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Physiology of Muscle Activation and Force Generation. *In*: MERLETTI, Roberto; FARINA, Dario (Orgs.). **Surface Electromyography : Physiology, Engineering, and Applications**. 1. ed. *[S.l.]*: Wiley, 2016. p. 1–29.

ERSÖZ, Yasin. Effect of Movement Tempo During Resistance Training on Hypertrophy and Muscular Fitness: A Narrative Literature Review. **International Journal of Disabilities Sports and Health Sciences**, v. 6, n. 3, p. 543–563, 25 out. 2023.

FAJ, Lucija *et al.* From Laboratory to Field: Concurrent Validity of Kinovea's Linear Kinematics Tracking Tool for Semi-Automated Countermovement Jump Analysis. **Sensors**, v. 26, n. 1, p. 24, 19 dez. 2025.

FAUL, Franz *et al.* G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175–191, maio 2007.

FERLAND, Pierre-Marc; COMTOIS, Alain S. Classic Powerlifting Performance: A Systematic Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 1, p. S194–S201, jul. 2019.

GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 05, p. 347–352, maio 2010.

GUERRA, Ialuska *et al.* Are sEMG, Velocity and Power Influenced by Athletes' Fixation in Paralympic Powerlifting? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 7, p. 4127, 31 mar. 2022.

HAGGIE, Lysea *et al.* Linking cortex and contraction—Integrating models along the corticomuscular pathway. **Frontiers in Physiology**, v. 14, p. 1095260, 10 maio 2023.

HANDFORD, Matthew J. *et al.* The Need for Eccentric Speed: A Narrative Review of the Effects of Accelerated Eccentric Actions During Resistance-Based Training. **Sports Medicine**, v. 52, n. 9, p. 2061–2083, set. 2022.

HERZOG, Walter *et al.* A new paradigm for muscle contraction. **Frontiers in Physiology**, v. 6, 10 jun. 2015.

HODY, Stéphanie *et al.* Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 536, 3 maio 2019.

JAMES, Lachlan P. *et al.* Strength Classification and Diagnosis: Not All Strength Is Created Equal. **Strength & Conditioning Journal**, v. 45, n. 3, p. 333–341, jun. 2023.

KOMPF, Justin; ARANDJELOVIĆ, Ognjen. Understanding and Overcoming the Sticking Point in Resistance Exercise. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 751–762, jun. 2016.

KRAEMER, William J. *et al.* Understanding the Science of Resistance Training: An Evolutionary Perspective. **Sports Medicine**, v. 47, n. 12, p. 2415–2435, dez. 2017.

LLOYD, David G. *et al.* The History and Future of Neuromusculoskeletal Biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 39, n. 5, p. 273–283, 1 out. 2023.

LOTURCO, Irineu *et al.* Load–Velocity Relationship in National Paralympic Powerlifters: A Case Study. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 4, p. 531–535, 1 abr. 2019.

LUM, Danny; HAFF, G. Gregory; BARBOSA, Tiago M. The Relationship between Isometric Force-Time Characteristics and Dynamic Performance: A Systematic Review. **Sports**, v. 8, n. 5, p. 63, 15 maio 2020.

MAFFIULETTI, Nicola A. *et al.* Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 6, p. 1091–1116, jun. 2016.

MARTÍNEZ-CAVA, Alejandro *et al.* Bench Press at Full Range of Motion Produces Greater Neuromuscular Adaptations Than Partial Executions After Prolonged Resistance Training. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 36, n. 1, p. 10–15, jan. 2022.

MEIRELES, Alex Santos *et al.* Analysis of time under tension, velocity, and muscular power output in different resistance training methods: a systematic review. **Sport Sciences for Health**, v. 21, n. 3, p. 1447–1458, set. 2025.

MENDELL, Lorne M. The size principle: a rule describing the recruitment of motoneurons. **Journal of Neurophysiology**, v. 93, n. 6, p. 3024–3026, jun. 2005.

MENDONÇA, Tanise Pires *et al.* Force production and muscle activation during partial vs. full range of motion in Paralympic Powerlifting. **PLoS ONE**, v. 16, n. 10, p. e0257810, 13 out. 2021.

MESQUITA SOUZA, Rafael Luiz *et al.* Assessment of asymmetry at different intensities between conventional and paralympic powerlifting athletes. **Heliyon**, v. 9, n. 5, p. e16211, maio 2023.

MIYAGUCHI, Kazuyoshi; DEMURA, Shinichi. Muscle Power Output Properties Using the Stretch-shortening Cycle of the Upper Limb and Their Relationships with a One-Repetition Maximum Bench Press. **Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY**, v. 25, n. 3, p. 239–245, 2006.

MORENO-JUSTICIA, Roger *et al.* Human skeletal muscle fiber heterogeneity beyond myosin heavy chains. **Nature Communications**, v. 16, n. 1, p. 1764, 19 fev. 2025.

MUKUND, Kavitha; SUBRAMANIAM, Shankar. Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. **WIREs Systems Biology and Medicine**, v. 12, n. 1, jan. 2020.

NISHIKAWA, Kiisa. Titin: A Tunable Spring in Active Muscle. **Physiology**, v. 35, n. 3, p. 209–217, 1 maio 2020.

NUZZO, James L. *et al.* Maximal Number of Repetitions at Percentages of the One Repetition Maximum: A Meta-Regression and Moderator Analysis of Sex, Age, Training Status, and Exercise. **Sports Medicine**, v. 54, n. 2, p. 303–321, fev. 2024.

OLIVEIRA, José Igor V. *et al.* Para Powerlifting Performance: A Systematic Review. **International Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 02, p. 95–103, 2023.

PÉREZ-CASTILLA, Alejandro *et al.* Reliability and Concurrent Validity of Seven Commercially Available Devices for the Assessment of Movement Velocity at Different Intensities During the Bench Press. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 5, p. 1258, maio 2019.

PRYOR, Riana R.; SFORZO, Gary A.; KING, Deborah L. Optimizing Power Output by Varyng Repetition Tempo. v. 25, n. 11, p. 3029–30304, 2011.

RESENDE, Marcelo de Aquino *et al.* The Influence of Warm-Up on Body Temperature and Strength Performance in Brazilian National-Level Paralympic Powerlifting Athletes. **Medicina**, v. 56, n. 10, p. 538, 14 out. 2020.

REYA, Matija *et al.* Factors Underlying Bench Press Performance in Elite Competitive Powerlifters. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 8, p. 2179–2186, ago. 2021.

RODRÍGUEZ-RIDAO, David *et al.* Effect of Five Bench Inclinations on the Electromyographic Activity of the Pectoralis Major, Anterior Deltoid, and Triceps Brachii during the Bench Press Exercise. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 19, p. 7339, 8 out. 2020.

SÁNCHEZ-MEDINA, Luis; GONZÁLEZ-BADILLO, Juan José. Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 9, p. 1725–1734, set. 2011.

SANTOS, Larissa Christine Vieira *et al.* Evaluation of the Training Session in Elite Paralympic Powerlifting Athletes Based on Biomechanical and Thermal Indicators. **Sports**, v. 11, n. 8, p. 151, 10 ago. 2023.

SUCHOMEL, Timothy J.; NIMPHIUS, Sophia; STONE, Michael H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 10, p. 1419–1449, out. 2016.

TAUBE, Wolfgang; LEUKEL, Christian; GOLLHOFER, Albert. How Neurons Make Us Jump: The Neural Control of Stretch-Shortening Cycle Movements. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 40, n. 2, p. 106–115, abr. 2012.

TRYBULSKI, Robert *et al.* Impact of Movement Tempo Distribution on Bar Velocity During a Multi-Set Bench Press Exercise. **Journal of Human Kinetics**, v. 80, p. 277–285, 31 out. 2021.

TRYBULSKI, Robert *et al.* Impact of movement tempo on bar velocity and time under tension in resistance exercises with different external loads. **Biology of Sport**, v. 39, n. 3, p. 547–554, 2022a.

TRYBULSKI, Robert *et al.* Impact of movement tempo on bar velocity and time under tension in resistance exercises with different external loads. **Biology of Sport**, v. 39, n. 3, p. 547–554, 2022b.

TSOUKOS, Athanasios *et al.* Acute Effects of Fast vs. Slow Bench Press Repetitions with Equal Time Under Tension on Velocity, sEMG Activity, and Applied Force in the Bench Press Throw. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 10, n. 1, p. 4, 26 dez. 2024.

TURNER, Anthony N. *et al.* Developing Powerful Athletes, Part 1: Mechanical Underpinnings. **Strength & Conditioning Journal**, v. 42, n. 3, p. 30–39, jun. 2020.

TURNER, Anthony N.; JEFFREYS, Ian. The Stretch-Shortening Cycle: Proposed Mechanisms and Methods for Enhancement. **Strength & Conditioning Journal**, v. 32, n. 4, p. 87–99, ago. 2010.

VAN DEN HOEK, Daniel *et al.* Paralympians Are Stronger Than You Know: A Comparison of Para and Nondisabled Powerlifting Bench Press World Records. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 37, n. 2, p. 452–456, fev. 2023.

WILK, Kevin E. *et al.* Stretch-Shortening Drills for the Upper Extremities: Theory and Clinical Application. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 17, n. 5, p. 225–239, maio 1993.

WILK, Michal *et al.* The Effects of Eccentric Cadence on Power and Velocity of the Bar during the Concentric Phase of the Bench Press Movement. v. 18, n. 2, p. 191–197, 2019.

WILK, Michal *et al.* The Effects of the Movement Tempo on the One-Repetition Maximum Bench Press Results. **Journal of Human Kinetics**, v. 72, n. 1, p. 151–159, 31 mar. 2020a.

WILK, Michal *et al.* Impact of Duration of Eccentric Movement in the One-Repetition Maximum Test Result in the Bench Press among Women. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 19, n. 2, p. 317–322, jun. 2020b.

WILK, Michal *et al.* Contrast Tempo of Movement and Its Effect on Power Output and Bar Velocity During Resistance Exercise. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 629199, 20 jan. 2021.

WILK, Michal; TUFANO, James J.; ZAJAC, Adam. The Influence of Movement Tempo on Acute Neuromuscular, Hormonal, and Mechanical Responses to

Resistance Exercise—A Mini Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 8, p. 2369–2383, ago. 2020.

WILK, Michal; ZAJAC, Adam; TUFANO, James J. The Influence of Movement Tempo During Resistance Training on Muscular Strength and Hypertrophy Responses: A Review. **Sports Medicine**, v. 51, n. 8, p. 1629–1650, ago. 2021.

WILSON, Gregory; ELLIOT, Bruce; WOOD, Graeme. Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 24, n. 1, p. 116–123, 1992.

WILSON, Jacob M. *et al.* Meta-Analysis of Postactivation Potentiation and Power: Effects of Conditioning Activity, Volume, Gender, Rest Periods, and Training Status. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 854–859, mar. 2013.

WPPO, World Para Powerlifting Organization. **Classification Rules and Regulations**: Classification Rules and Regulations. Germany: International Paralympic Committee, 2018. Disponível em: <https://www.paralympic.org/powerlifting/rules>.

WPPO, World Para Powerlifting Organization. **Rules and Regulations**: Rules and Regulations. Germany: International Paralympic Committee, 2022a. Disponível em: <https://www.paralympic.org/powerlifting/rules>.

WPPO, World Para Powerlifting Organization. **Appendix 6 - Equipment Requirements.**: Technical requirements. Germany: International Paralympic Committee, 2022b.