



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS

INFLUÊNCIA DO PERFIL DE FORÇA-VELOCIDADE NA
RESPONSIVIDADE À MELHORIA DE DESEMPENHO PÓS-ATIVAÇÃO E
POTENCIALIZAÇÃO PÓS-ATIVAÇÃO

GUILHERME BENEDEZZI MANTOVANI

Rio Claro – SP
2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS

**INFLUÊNCIA DO PERFIL DE FORÇA-VELOCIDADE NA
RESPONSIVIDADE À MELHORIA DE DESEMPENHO PÓS-ATIVAÇÃO E
POTENCIALIZAÇÃO PÓS-ATIVAÇÃO**

GUILHERME BENEDUZZI MANTOVANI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

Orientador: Dr. Leonardo Coelho Rabello de Lima

**Rio Claro – SP
2024**

M293i Mantovani, Guilherme Beneduzzi
Influência do perfil de força-velocidade na responsividade à
melhoria de desempenho pós-ativação e potencialização pós-ativação
/ Guilherme Beneduzzi Mantovani. -- Rio Claro, 2024
107 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Leonardo Coelho Rabello de Lima

1. Perfil Força-Velocidade. 2. Potencialização Pós-ativação. 3.
Melhoria de Desempenho Pós-ativação. 4. Potência muscular. 5.
Aquecimento. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFLUÊNCIA DO PERFIL DE FORÇA-VELOCIDADE NA RESPONSABILIDADE À MELHORIA DE DESEMPENHO PÓS-ATIVAÇÃO E POTENCIALIZAÇÃO PÓS-ATIVAÇÃO

AUTOR: GUILHERME BENEDUZZI MANTOVANI

ORIENTADOR: LEONARDO COELHO RABELLO DE LIMA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEONARDO COELHO RABELLO DE LIMA (Participação Virtual)
Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto / USP - Universidade de São Paulo - SP

Prof. Dr. ADALGISO COSCRATO CARDOZO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

Profa. Dra. MARIA CAROLINA TRAINA GAMA (Participação Virtual)
x

Rio Claro, 26 de agosto de 2024



Documento assinado digitalmente

LEONARDO COELHO RABELLO DE LIMA

Data: 26/08/2024 20:09:57-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ao meu pai Ercílio e minha avó Therezinha (*in memoriam*), por sempre me protegem, me apoiar, me amar e incentivar as minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar esta sessão agradecendo às duas pessoas mais importantes da minha vida: meu pai Ercilio Alfredo (in memoriam) e minha mãe Maria da Graça. Muito obrigado por me proporcionar a melhor educação possível. Agradeço por todos os valores e princípios compartilhados durante a minha criação, pelo amor e carinho incondicionais, pelo apoio que sempre me deram ao longo da minha vida. Obrigado por tudo, eu amo vocês.

Agradeço ao meu irmão Henrique que mesmo distante fisicamente, é meu melhor amigo, me apoia e mantém o carinho e mantém nossa conexão de irmão forte. Agradeço também a minha avó Therezinha Beneduzzi (in memoriam), minha tia Conceição e meu primo Felipe Beneduzi por serem a minha rede de apoio e meu ponto seguro para todas as horas, agradecer também por todo apoio após o falecimento de meu pai, vocês são incríveis e amo muito vocês.

Agradeço também a minha esposa Clara Corveloni, minha parceira e companheira amada, que sempre está comigo, me incentivando, apoiando, me levantando para cima mesmo nos períodos de tempestade, isso só reforça o quanto a amo e o quanto ela é importante na minha vida. E se hoje estou direcionado a reta final do Mestrado devo muito a ela. E não menos importante minha cachorra Luna, que é responsável por animar quase todos os meus dias. Agradeço também, meus familiares por parte da esposa, meu sogro Eduardo Corveloni, minha sogra Cirlene Ribeiro e ao irmão Eduardo Corveloni Junior. Por também me apoiarem, por me animar e me divertirem tanto. E por me fazer sentir amado também. Fui privilegiado por ter 2 famílias amorosas.

Agradeço a todos os meus amigos (as) por ser minha rede de apoio em qualquer momento. Obrigado por me ajudarem nos piores momentos da minha vida e por estarem presentes e vibrarem nos melhores principalmente, meus amigos de Campinas e Rio claro.

Agradeço ao Rubens e ao Gabriel Fontanetti por toda parceria e amizade ao longo do meu mestrado. A convivência no laboratório e dividir experiências e dificuldades com vocês durante esses dois anos fez com que os dias de trabalho dentro do ambiente acadêmico fossem muito mais legais e motivadores. Agradeço também aos demais membros e à técnica Renata do Laboratório de Avaliação da Performance Humana.

Agradeço a alguns professores do Departamento de Educação Física da UNESP Rio Claro e, em especial, à professora Camila Coelho Greco, por compartilhar seu extenso conhecimento acadêmico durante as reuniões do grupo de estudos e ao Professor Adalgiso Coscrato Cardozo, por compartilhar seu conhecimento e pelas sugestões e dicas durante o estágio docente na disciplina de Biomecânica.

Dedico este parágrafo ao meu maior mentor: meu orientador Leonardo Coelho Rabello de Lima, esse cara é incrível. Agradeço por todo ensinamento, direcionamento e principalmente as broncas e aos puxões de orelha que me fazem sempre evoluir e amadurecer. Esses anos não foram fáceis, e só tenho a agradecer mais ainda a parte humana, respeitosa e de extrema paciência com que o Leo sempre me tratou. Isso só faz com que eu admire-o mais, tanto como orientador, professor e profissional, mas como ser humano e amigo. Sempre solícito, parceiro, resiliente, mas ao mesmo tempo responsável e exigindo meu melhor, por isso o considero como meu mentor da carreira acadêmica. Você e a Sissy são pessoas incríveis, Fabizinha terá a sorte de ter vocês como pais.

O presente trabalho foi realizado com apoio do processo nº 2022/03853-3, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Por fim, agradeço aos voluntários que participaram deste estudo. Obrigado pelo comprometimento durante todas as coletas, sem vocês a realização deste estudo seria totalmente inviável.

RESUMO

A potencialização pós-ativação (PPA) e a potencialização de desempenho pós-ativação (MDPA) são dois fenômenos que podem incrementar agudamente o desempenho em atividades que exigem força e potência. Ambas ocorrem em janelas distintas e existem evidências que sugerem que homens, treinados, potentes e que apresentam maior expressão de fibras do tipo II têm maior probabilidade de se beneficiar desses fenômenos. Entretanto, não existem evidências suficientes para estabelecer uma forma de avaliação capaz de prever precisamente a magnitude desses fenômenos e quando eles irão ocorrer. O perfil de força-velocidade (PFV) pode ser uma alternativa, visto que permite avaliar os componentes intrínsecos da potência muscular. O objetivo do presente estudo foi investigar a compatibilidade entre o PFV e responsividade à MDPA e PPA. Quarenta e dois homens com idades entre 18 a 30 anos foram divididos em três grupos de acordo com seus PFV: deficiente em velocidade (GDV, n=5), deficiente em força (GDF, n=19) e equilibrado (GE, n=18). Foram calculadas a altura de salto com contra movimento, força vertical de reação do solo, velocidade e potência de saída dos participantes em duas condições: controle MDPA (realização de aquecimento genérico) e experimental MDPA (a cada 2 minutos após a realização de três agachamentos com carga de 87% de 1 RM). O pico de torque evocado em repouso foi avaliado em duas condições: controle PPA (aquecimento genérico) e experimental PPA (a cada 10s após a realização de três agachamentos com carga de 87% de 1 RM). As diferentes condições foram realizadas em dias separados, em ordem randomizada e contrabalanceada. Análises estatísticas apontaram interação tempo x condição em todas as variáveis como altura de salto ($p < 0,001$, $\eta^2 p = 0,128$), força ($p < 0,001$, $\eta^2 p = 0,078$), velocidade ($p < 0,001$, $\eta^2 p = 0,128$) e potência ($p < 0,001$, $\eta^2 p = 0,116$). Os outros fatores como interações de tempo x condição x grupo não apresentaram significância. Houve interação tempo x grupo x condição ($p = 0,016$) significativa para o pico de torque em repouso sendo no GDF/EXP, entre o tempo pré e os tempos 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120s. No GE/EXP foram encontradas significância entre tempo pré e os tempos 50, 60s. Ao final do estudo foi concluído que o PFV não é um fator determinante para prever a responsividade a MDPA e PPA. Corroboramos com o fato da MDPA promover aumentos no desempenho.

Palavras-chave: Perfil Força-Velocidade; Potencialização Pós-ativação; Melhoria de Desempenho Pós-ativação; Potência muscular; Aquecimento.

INFLUENCE OF THE FORCE-VELOCITY PROFILE ON RESPONSIVENESS TO PAP AND PAPE

ABSTRACT

Post-activation potentiation (PAP) and post-activation performance enhancement (PAPE) are phenomena known to acutely improve performance in activities requiring strength and power. These effects occur within distinct time windows, and evidence suggests that individuals who are well-trained, powerful, and exhibit a higher expression of type II muscle fibers are more likely to benefit from these phenomena. However, there is insufficient evidence to establish a reliable method for predicting the magnitude and timing of these effects. The force-velocity profile (FVP) may serve as an alternative evaluation tool, as it assesses the intrinsic components of muscle power. This study aimed to investigate the relationship between the FVP and responsiveness to PAPE and PAP. Forty-two men aged 18 to 30 were divided into three groups based on their FVP: velocity-deficient (VD, n=5), force-deficient (FD, n=19), and balanced (B, n=18). Participants' countermovement jump height, vertical ground reaction force, velocity and power output were measured under two conditions: control PAPE (generic warm-up) and experimental PAPE (performed every 2 minutes following three squats at 87% of 1RM). Resting torque peak was assessed under two conditions: control PAP (generic warm-up) and experimental PAP (measured every 10 seconds following three squats at 87% of 1RM). Conditions were conducted on separate days in a randomized and counterbalanced order. Statistical analysis revealed a time x condition interaction for all variables, including jump height ($p < 0.001$, $\eta^2 p = 0.128$), force ($p < 0.001$, $\eta^2 p = 0.078$), speed ($p < 0.001$, $\eta^2 p = 0.128$), and power ($p < 0.001$, $\eta^2 p = 0.116$). No significant interactions were found for time x condition x group. A significant time x group x condition interaction ($p = 0.016$) was observed for resting torque peak in the FD/EXP group, between pre-test and times 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, and 120 seconds. In the B/EXP group, significance was found between pre-test and times 50 and 60 seconds. The FVP does not appear to be a determining factor for predicting responsiveness to PAPE and PAP. Our findings support the notion that PAPE enhances performance.

Keywords: Force-Velocity Profile; Post-Activation Potentiation; Post-Activation Performance Enhancement; Muscular Power; Warm-up.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Diferenças entre os fenômenos da PAP e PAPE. Baseado na literatura relevante (BLAZEVIČH & BABAUŁT, 2019; PRIESKE et al., 2020; BOULLOSA, 2021). 19
- Figura 2.** Manifestações da força muscular. Baseado na literatura relevante (Adaptado de Weineck, 1999). 24
- Figura 3.** Descrição da curva carga-potência (Adaptado de KAWAMORI & HAFF, 2004). 29
- Figura 4. A.** Curva típica de força-velocidade (linha sólida) e curva potência-velocidade (linha tracejada) correspondente à relação obtida de um único músculo ou grupamento muscular hipotético..... 32
- Figura 5. A.** Curva força-velocidade tradicional. B. Efeito do método do treinamento-misto, aumentando a capacidade de produção de potência.. 36
- Figura 6. A.** Exemplo de ação da PPA em músculo isolado (i.e quadríceps, flexor plantar, etc). Uma contração (pré) é eletricamente estimulada em repouso.. 40
- Figura 7.** Relação entre FV..... 42
- Figura 8.** Cinética da fosforilação da regulatória de cadeia leve (RCL) e da potencialização do pico de torque evocado eletricamente.. 41
- Figura 9.** Representação gráfica da relação entre potencialização e fadiga 43
- Figura 10.** Representação do mecanismo da fosforilação MRCL. (adaptado de BLAZEVIČH & BABAUŁT, 2019)..... 44
- Figura 11.** Desenho experimental..... 57
- Figura 12.** Representação gráfica dos PFV..... 62
- Figura 13.** Gráficos de responsividade individual à MDPA nas sessões de MDPA.. 68
- Figura 14.** Gráficos de responsividade individual à MDPA nas sessões de PPA ... 69
- Figura 15.** Representação gráfica da interação condição x tempo..... 72

Figura 16. Representação gráfica da interação ($p > 0,05$) grupo x condição x tempo72
Figura 17. Representação gráfica da interação condição x tempo de força FVRS ..	74
Figura 18. Representação gráfica da interação condição x tempo da velocidade ...	75
Figura 19. Representação gráfica da interação condição x tempo da potência.....	77
Figura 20. Representação gráfica da interação grupo x condição x tempo	79
Figura 21. Representação gráfica do tempo de curso dos fenômenos da MDPA e PPA.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quadro de Classificação dos Participantes.....	54
Tabela 2. Composição dos níveis de treinamento nos grupos.....	55
Tabela 3. Modalidades dos participantes.....	55
Tabela 4. Características dos grupos.....	67
Tabela 5. Valores individuais, médios e descritivos de parâmetros temporais relacionados à responsividade e a janela de MDPA.....	70
Tabela 6. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos	71
Tabela 7. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos na força de reação do sol	73
Tabela 8. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos na velocidade	74
Tabela 9. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos na potência.....	76
Tabela 10. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos no Pico de Torque em repouso.....	77
Tabela 11. Valores individuais, médios e descritivos de parâmetros temporais relacionados à responsividade e a janela de PPA	81

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de variância

CEA – Ciclo de Encurtamento e Alongamento

CON – Sessão controle

CVM – Contração Voluntária Máxima

MDPA – Melhoria de desempenho pós-ativação

MMD – Mínima Mudança Detectável

PPA – Potencialização pós-ativação

PFV – Perfil de Força e Velocidade

SCM – Salto com contra movimento

RM – Repetição máxima

TDF – Taxa de desenvolvimento de força

P_{máx} – Potência máxima

IAS – Intervalo Auto-Selecionado

IF – Intervalo Fixo

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo geral.....	21
2.2 Objetivo específico.....	21
3. HIPÓTESE	22
4. REVISÃO DE LITERATURA	23
4.1 Manifestações da Força Muscular	23
4.1.1 <i>Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF)</i>	26
4.1.2 <i>Potência Muscular</i>	27
4.2 Fatores que influenciam o desenvolvimento da potência muscular	31
4.2.1 <i>Fatores Neurais</i>	31
4.2.2 <i>Fatores Musculares</i>	32
4.3 Método de análise da potência muscular.....	32
4.3.1 <i>Perfil de Força-Velocidade</i>	32
4.4 Aplicações do PFV no treinamento.....	36
4.5 Potencialização Pós-Ativação.....	40
4.6 Mecanismo da PPA	44
4.7 Melhoria de Desempenho Pós-Ativação	46
4.8 Mecanismos da MDPA.....	49
5. MÉTODO	54
5.1 Participantes	54
5.2 Desenho experimental	56
5.2.1 <i>Sessão 1 - Dados pessoais, preenchimento de questionários, familiarização, sorteio de sessões e determinação da intensidade do torque evocado em repouso</i>	58
5.2.2 <i>Sessão 2 - Determinação do Perfil Força-Velocidade (PFV)</i>	60
5.2.3 <i>Sessão 3 - Determinação da carga de 1 RM no agachamento</i>	64
5.2.4 <i>Sessão 4 – Experimental MDPA</i>	64
5.2.5 <i>Sessão 5 - Controle MDPA</i>	65
5.2.6 <i>Sessão 6 - Experimental PPA</i>	66
5.2.7 <i>Sessão 7 - Controle PPA</i>	66
5.3 Análise estatística	66
6. RESULTADOS	68
6.1 Antropometria e Caracterização da Amostra	68
6.2 Responsividade Individual à MDPA.....	68
6.3 Responsividade Individual a PPA	69

6.4 Responsividade a MDPA.....	70
6.5 Altura de Salto.....	72
6.6 Força Vertical de Reação do solo.....	74
6.7 Velocidade.....	75
6.8 Potência de saída.....	76
6.9 Pico de torque em repouso.....	78
6.10 Responsividade a PPA.....	79
6.11 Tempo de curso dos fenômenos de PPA e MDPA.....	82
7.DISSCUSSÃO.....	83
8.LIMITAÇÕES.....	90
9.PERSPECTIVAS FUTURAS.....	91
10.CONCLUSÃO.....	92
11.REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - (TCLE) (Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12).....	104

1. INTRODUÇÃO

A habilidade de produzir altos níveis de potência muscular é considerada como um componente essencial para movimentos balísticos (movimentos máximos com objetivo de acelerar ao máximo uma massa em movimento) atléticos e esportivos, que exigem principalmente habilidades potentes como, por exemplo, saltos e corridas (CRONIN & SLEIVERT, 2005; STONE et al. 2002). Como a potência é o produto da força multiplicada pela velocidade, entende-se que esses dois componentes sustentam a capacidade de ser potente. Assim sendo, dois atletas podem produzir potências semelhantes, entretanto suas forças e velocidades máximas podem ser significativamente diferentes. Na teoria, os atletas são influenciados por suas respectivas capacidades de gerar força e velocidade, o que pode limitá-los no salto (JIMÉNEZ et al., 2017) e/ou movimentos de corrida (SAMOZINO et al., 2014). Portanto mensurar a relação força-velocidade independente da potência é útil para identificar se um atleta é deficiente em alguma dessas valências que compõe o seu perfil ideal de potência.

Os princípios do perfil de força-velocidade (PFV) são baseados na curva de força-velocidade. Essa curva mostra uma relação inversamente proporcional a produção de força e da velocidade, ou seja, um aumento na força causaria decréscimo na velocidade e vice-versa. Para a realização de uma repetição máxima (1 RM) no movimento do agachamento, podemos observar a produção de altos níveis de força, entretanto, em uma velocidade de movimento lenta. Por outro lado, um salto com contramovimento produz alta velocidade de movimento, requisitando, assim, menores níveis de força (GARHAMMER & GREGOR, 1992; ZATSIORSKY & KRAEMER, 2006). Propõe-se que essa relação entre força e velocidade ocorra devido à diminuição no tempo disponível para formação das pontes cruzadas durante contrações rápidas. Mais tempo significa mais pontes cruzadas, e mais pontes cruzadas significam maior produção de força. Portanto, exercícios mais lentos permitem ao atleta formar mais pontes cruzadas e desenvolver mais força, enquanto exercícios em velocidades mais altas fornecem menos tempo para a formação de pontes cruzadas e, portanto, resultam em menor produção de força (ZATSIORSKY & KRAEMER, 2006).

A potência possui um papel importante no desempenho esportivo. O incremento de qualquer uma das capacidades (força ou velocidade) pode levar ao aumento da produção de potência e, portanto, à capacidade potente do indivíduo. Ou seja, alterar a curva de força-velocidade significaria aprimorar a taxa de desenvolvimento de força (TDF), que reflete a rapidez com que o atleta pode desenvolver força. Assim, uma TDF maior viabilizaria maior desenvolvimento de força em um período curto (COMFORT et al., 2011; COMFORT et al., 2012). A TDF é muito importante no âmbito esportivo, pois existem muitas modalidades ou, mais especificamente, componentes técnicos que não utilizam em seus movimentos todo o potencial de força (i.e., pico de força) existente na musculatura recrutada (p.ex., saída do bloco nos 50m na natação, soco no boxe, entre outros). Isso ocorre em função de essas atividades serem compostas de movimentos muito rápidos (até 200ms), ou seja, movimentos potentes, não existindo o tempo necessário para se obter o pico de força existente na musculatura recrutada, que é atingido por volta de 200-300ms (KOMI, 2006). A “força rápida” muscular é bastante dependente da taxa de aumento da força em um dado intervalo de tempo no início da contração muscular, sendo os valores máximos dessa taxa alcançados em um período entre 100 e 300ms (AAGAARD, 2002). Essa taxa é conhecida como taxa de desenvolvimento de força (TDF) e ela se torna um parâmetro importante para avaliação da força muscular.

Ademais, para o treinamento de atletas devem ser considerados vários fatores, como o tempo de experiência com o treinamento, objetivos, esporte e posição do atleta e época do ano. Isso significa que a alteração da curva de força-velocidade é individualizada e difere de atividade para atividade, de esporte para esporte, e cada um desses tem um perfil desejável o que faz com que os atletas de diferentes modalidades possuam perfis muito diferentes entre si (COMFORT et al., 2011; COMFORT et al., 2012).

Uma das opções para quantificar o PFV é por meio do salto vertical. Para que o desempenho ideal de salto seja atingido, requer-se uma aceleração da massa corporal para atingir as velocidades mais altas possíveis no menor tempo possível (SAMOZINO et al., 2012). A altura do salto também é um reflexo válido da potência máxima desenvolvida pelos membros inferiores (MARKOVIC et al., 2004). A potência máxima de um atleta pode ser melhorada aumentando sua capacidade de produzir altos níveis de força e/ou melhorando sua velocidade de movimento com

cargas baixas de treinamento (CORMIE et al., 2011; MCBRIDE et al., 2002). Em um estudo de Cruz & Bankoff (2010) foram testados saltos com contramovimento (SCM) e analisadas as aplicações de força durante o movimento. Foi apresentado um efeito “sequência” até chegar à altura do salto vertical. A força relativa (razão entre força máxima de reação do solo e a massa corporal) apresentou uma boa correlação ($r=0,74$; $P<0,001$) com a força de saída do solo, que, por sua vez, apresentou boa correlação ($r=0,856$; $P<0,001$; $r^2=73,38\%$) com a potência média gerada durante a fase de impulsão, sendo que esta apresentou uma boa correlação ($r=0,701$, $P<0,001$; $r^2=49\%$) com a altura máxima atingida durante o salto vertical. Outro ponto interessante observado pelos autores foi que a velocidade média de deslocamento do corpo durante saltos apresentou boa correlação com a altura máxima do salto ($r=0,999$; $P<0,001$, $r^2=99\%$). Cruz e Bankoff (2010) concluem que, para obter uma boa capacidade de salto, as variáveis de velocidade e potência são importantes, e a ação conjunta dessas variáveis somada à força relativa e de saída do solo é capaz de melhorar o desempenho do salto vertical. Portanto, melhorando as capacidades como a de força e velocidade, se esperaria um aumento na capacidade de ser potente e, conseqüentemente, na altura do salto.

Convergentemente, em um estudo de Jiménez et al. (2017), 84 indivíduos foram classificados como deficientes em velocidade, deficientes em força ou bem equilibrados, de acordo com o PFV. Em seguida, os indivíduos foram divididos em dois grandes grupos de treinamento: o grupo otimizado, que realizou treinamento baseado no PFV e o grupo não otimizado, que realizou treinamento tradicional independente do PFV. O grupo otimizado foi dividido em três subgrupos: deficiente em velocidade, deficiente em força e balanceado (quando não houve desequilíbrio entre força e velocidade no PFV traçado). O grupo não otimizado foi dividido em dois subgrupos, de treinamento: não específico e o controle. Todos os grupos realizaram 9 semanas de treinamento resistido específico, o programa destinado ao grupo otimizado tinha como objetivo reduzir qualquer desequilíbrio entre força e velocidade, enquanto os participantes do grupo não otimizado realizaram um programa clássico e similar de treinamento entre os participantes. Os três subgrupos do grupo otimizado (i.e., deficiência em força, deficiência em velocidade e balanceado) aumentaram significativamente o desempenho do salto vertical, enquanto os resultados do grupo não otimizado (grupo controle e treinamento independente do PFV) foram variáveis e pouco claros. As conclusões deste estudo

sugerem que o PFV pode ser utilizado por treinadores(as) para adaptar seus programas de treinamento mais especificamente às necessidades individuais de cada atleta.

Existem diversas intervenções crônicas que resultam no desenvolvimento da potência, como treinamento de força tradicional, treinamento específico de potência, treinamento pliométrico, balístico, entre outros (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011) comumente utilizadas em âmbito esportivo por atletas e indivíduos treinados, principalmente em modalidades que possuem predominância de habilidades potentes (i.e basquetebol, voleibol, atletismo, futebol, etc.). Além das estratégias crônicas de melhoria da potência, existem estratégias agudas que têm como objetivo o aumento em curto prazo (i.e., 1-15 minutos) da potência muscular após a realização de diferentes tipos de contrações condicionantes ou de exercícios de pré-ativação (PA) (BLAZEVIICH & BABAUULT, 2019). Existem dois fenômenos que, em certa janela de oportunidade, podem aprimorar o desempenho em atividades que exigem potência muscular após a realização de exercícios de PA. A potencialização pós-ativação (PPA) é um fenômeno que induz um aumento temporário na capacidade muscular de geração de força/torque e, em especial, potência muscular (RASSIER,2000). Esse fenômeno pode ser identificado a partir de contrações evocadas eletricamente e induzido a partir da realização de contrações voluntárias condicionantes ou contrações tetânicas (evocadas eletricamente) em intensidade máxima ou próxima à máxima, sendo possivelmente um dos fatores responsáveis por incrementar agudamente o desempenho de atletas em provas que exigem força e potência (MORANA & PERRY, 2009; CUENCA-FERNANDEZ et al., 2017; BLAZEVIICH & BABAUULT, 2019).

Já o termo melhoria de desempenho pós-ativação (MDPA) foi recentemente proposto para uso quando uma ou diversas contração(ões) de condicionamento voluntário ou a realização de um exercício de PA de alta intensidade levam ao aprimoramento do desempenho muscular voluntário em um teste subsequente sem a avaliação da força evocadas eletricamente (CUENCA-FERNANDEZ et al., 2017). O termo MDPA deve ser utilizado quando uma contração de condicionamento voluntário de alta intensidade é realizada com a intenção de melhorar o desempenho (produção de força máxima, potência ou velocidade) de uma atividade voluntária subsequente, em vez de evocada eletricamente. Em resumo, a MDPA se refere à melhora de desempenho de alguma tarefa voluntária a partir de uma atividade de PA

muscular anterior. A PPA se refere a aumentos de produção de força/torque atribuídos a contrações voluntárias ou evocadas eletricamente (Figura 1).

Tanto o fenômeno da PPA quanto da MDPA podem ser determinados por fatores e mecanismos (fisiológicos, mecânicos e metabólicos) que podem ser influenciados, também, por características individuais daqueles que deles se beneficiam. O principal mecanismo determinante da PPA é a fosforilação da miosina regulatória de cadeia leve (RCL), alterando a formação das pontes cruzadas, estabelecendo maior aproximação e interação entre as proteínas contráteis (cabeça da miosina e filamentos de actina) e, conseqüentemente, promovendo maior desenvolvimento de tensão e, assim, potencializando a força muscular produzida (RASSIER & MACINTOSH, 2000). Em relação à MDPA, o principal mecanismo associado parece ser uma adaptação transitória ao nível molecular que aumenta a sensibilidade de Ca^{+2} no músculo estriado, aumentando, assim, a produção de força para uma determinada concentração de Ca^{+2} , além de favorecer o aumento da taxa de desenvolvimento de força e de tensão como consequência de um aumento no número de formações de pontes cruzadas (BLAZEVICH & BABAULT, 2019). Uma evidência interessante apresenta que, dentre as características individuais do sujeito que parecem influenciar a responsividade à PPA e à MDPA, observa-se maior distribuição de fibras musculares do tipo IIx – glicolíticas e/ou dependentes do sistema ATP/CP e responsáveis pelas contrações rápidas –, sendo que pessoas e músculos com maior expressão desses tipos de fibras são mais suscetíveis tanto à PPA quanto a MDPA quando comparadas àquelas que expressam predominantemente fibras do tipo I – oxidativas e responsáveis por contrações lentas. Isso parece ocorrer devido ao fato de as fibras musculares do tipo IIx possuírem maior atividade de fosforilação de miosinas regulatórias de cadeia leve (HAMADA et al., 2003), quando associada à PPA. Entretanto, ainda não há justificativas bem fundamentadas que justifiquem a maior responsividade desses indivíduos à MDPA.

Outra forma de análise que sugere que a responsividade à MDPA e PPA parece estar associada à distribuição dos tipos de fibra muscular é sustentada pelo fato de homens possuírem maior concentração de fibras musculares do tipo IIx do que as mulheres, que, por sua vez, possuem maior concentração das fibras do tipo I, devido a fatores hormonais e genéticos (STARON et al., 2000; HOSTLER et al., 2001), sendo que alguns estudos apontam maior responsividade à PPA por parte

desses em relação a estas (RIXON et al., 2007; TSOLAKIS et al., 2011). Além disso, Chiu et al., (2003) demonstraram que indivíduos que praticam treinamento estruturado e planejado de força são mais responsivos à PPA do que indivíduos que praticam treinamento de força recreacional. Os achados de Rixon et al. (2007) corroboram com essa noção. Especula-se que uma das características desses indivíduos que pode justificar essa maior responsividade à PPA e à MDPA está relacionada à otimização no recrutamento de unidades motoras contendo fibras musculares do tipo II e IIx.

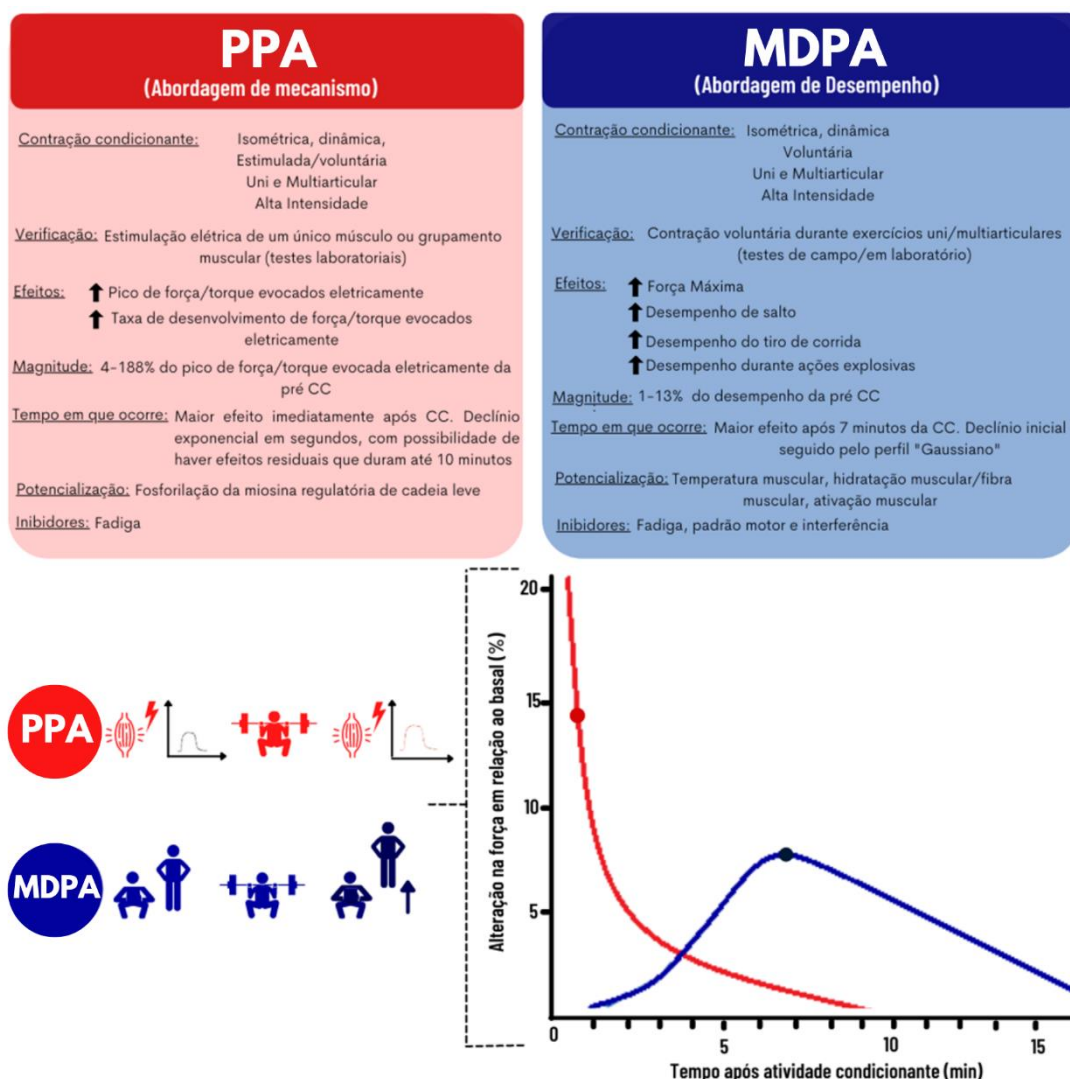


Figura 1. Diferenças entre os fenômenos da PPA e MDPA. Baseado na literatura relevante (BLAZEVICH & BABAULT, 2019; PRIESKE et al., 2020; BOULLOSA, 2021).

Outro fator que pode interferir na responsividade à PPA é o tipo de atividade a ser potencializada, sendo que aquelas que envolvem contrações dinâmicas parecem ser mais potencializadas do que atividades que dependem predominantemente de força máxima ou resistência muscular localizada (WILSON et al., 1991; NEWTON et

al., 1997). Outros estudos têm sugerido que a influência do exercício condicionante para a PPA e MDPA talvez seja dependente das adaptações crônicas do treinamento experimentadas pelos sujeitos (VUORIMAA et al., 2006; BOULLOSA & TUIMIL, 2009), ou seja, quando os atletas têm experiência com treinamento de resistência, eles podem apresentar a MDPA ou PPA depois de atividades que estimulem as fibras de contração lentas ou fibras do tipo I, e, se esses atletas tivessem experiência com treinamentos de potência, seria apresentado a MDPA ou PPA otimizada depois de atividades condicionantes que estimulassem as fibras de contração rápida ou fibras do tipo II.

Em resumo, indivíduos treinados, potentes, do sexo masculino, que possuem maior predominância de fibras do tipo II parecem ser mais responsivos à PPA e MDPA, principalmente quando a atividade a ser potencializada depende da produção de força rápida ou potência. Entretanto, ainda não existe uma forma definitiva de identificar um padrão de resposta aos dois fenômenos devido a eles serem dependentes de fatores intrínsecos altamente variáveis.

Por existir extenso corpo de literatura investigando o fenômeno da MDPA, PPA e PFV são importantes que se abordem os assuntos no presente documento com uma breve revisão de literatura.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente estudo foi investigar se método de avaliação pelo PFV pode ser utilizado como um preditor de prevalência e magnitude de resposta à MDPA e PPA em indivíduos atletas ou que praticam treinamento resistido de forma consistente.

2.2 Objetivo específico

Analisando isoladamente cada grupo baseado em PFV (equilibrado, deficiência em força e em velocidade), os objetivos específicos do estudo foram determinar para cada fenômeno (MDPA e PPA) os seguintes aspectos através de saltos com contramovimento (SCM) e pico de torque em repouso: 1) A duração da janela de ação; 2) A magnitude da melhora de desempenho promovido; 3) O período ou instante de desempenho ótimo; 4) A prevalência de responsivos.

3. HIPÓTESE

O grupo de indivíduos com PFV equilibrado seriam mais responsivos, ou seja, se beneficiariam mais dos fenômenos da MDPA e PPA do que os indivíduos com perfis desequilibrados (em força ou velocidade) devido à sua capacidade otimizada de produção de potência.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Manifestações da Força Muscular

A força é uma das capacidades físicas biomotoras importantes sendo utilizada em metodologias de treinamento para diversos fins, como para melhorar o desempenho desportivo, para atividades físicas diversas e para a promoção da saúde. Isso devido a sua relação com aumento no desempenho esportivo, aumento da autonomia de movimento e diminuição de lesões, sendo também relatadas algumas melhoras anatômicas e psicológicas.

Baseado na área da mecânica da física, a força é a expressão vetorial e completa da interação entre dois entes físicos. Ainda no escopo da mecânica clássica, esta definição está derivada das três leis da dinâmica (Leis de Newton), e, portanto, sempre está de acordo com elas. Isaac Newton (1642 – 1727) traçou as relações entre força e movimento, estabelecendo três regras, conhecidas como as leis do movimento, denominadas lei da inércia, da aceleração e da ação e reação (ENOKA, 2000). A definição newtoniana diz que chama-se força atuante sobre um corpo, qualquer agente capaz de modificar o seu estado de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme. Fora do âmbito físico clássico, força e potência como atributos físicos dos seres vivos são consideradas sinônimo de “vigor, energia e capacidade de exercer força mecânica ou realizar trabalho” (ABATE, 1996).

A física define força como massa multiplicada pela aceleração. Quando aplicamos esse conceito ao campo da fisiologia humana, ela expressa a capacidade do músculo produzir aceleração ou a deformação de um corpo, mantê-lo imóvel ou frear seu deslocamento (GONZÁLEZ-BADILLO & GOROSTIAGA-AYESTARÁN, 2001). Na literatura especializada, a conceituação é variada: Knuttgen e Kramer (citados por FLECK & KRAEMER, 1997) definem força muscular como a capacidade máxima de força que um músculo ou grupo muscular pode gerar a uma determinada velocidade e movimento específico. Hamill e Knutzen (1999) a definem como a capacidade máxima de um músculo ou grupo muscular de gerar força no local de inserção do esqueleto. Por sua vez, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2003) define força muscular como a capacidade máxima de tensão que um músculo ou grupo muscular pode gerar. Para Martin, Carl e Lehenertz (2007), força baseia-se nos esforços musculares frente a resistências elevadas.

Para González-Badillo e Gorostiaga-Ayestarán (2001), a força é a capacidade do músculo de contrair-se, produzindo tensão, sendo essencial nos movimentos técnicos e tendo papel decisivo na boa execução técnica. Em muitos casos a falha técnica é produzida por falta de força nos grupamentos musculares que intervêm em uma fase do movimento. A velocidade de execução está estreitamente relacionada com a força. Quanto maior a resistência, maior a relação entre ambas. A força no exercício competitivo é manifestada em concordância com a velocidade em que se realiza o movimento, portanto não existe um nível único de força máxima, mas diferentes níveis em função da velocidade do movimento. Neste sentido, a força significa a máxima tensão manifestada pelo músculo (ou conjunto de grupos musculares) a uma determinada velocidade. Outro fator a considerar é o índice de manifestação da força, ou seja, a máxima tensão manifestada pelo músculo no menor tempo possível que, no caso de algumas ações desportivas, é muito curto (GONZÁLEZ-BADILLO & GOROSTIAGA-AYESTARÁN 2001).

Komi (2006) define força máxima como a máxima força que determinado músculo pode desenvolver durante uma única contração. A força no esporte não está relacionada apenas à velocidade, mas também a um tempo dado, e por isso pode ser definida também como máxima tensão manifestada pelo músculo em um tempo determinado, que pode ser um tempo curto, produzindo força máxima isométrica ou por períodos, em que a força vai variar de acordo com a demanda. Sendo assim, para se definir melhor a força e o seu treinamento é importante definir a relação de produção de força e o tempo necessário para isso e a relação entre as manifestações de força e a velocidade do movimento (GONZÁLEZ-BADILLO & GOROSTIAGA-AYESTARÁN, 2001).

A manifestação da força depende fundamentalmente das unidades motoras solicitadas e da frequência de impulso sobre tais unidades, que está relacionada com a magnitude da carga e da velocidade do movimento. O tipo de ativação concêntrica, excêntrica, isométrica ou combinada determina em um mesmo indivíduo, uma expressão de força de diferente magnitude (GONZÁLEZ-BADILLO & GOROSTIAGA-AYESTARÁN, 2001).

Segundo o modelo de manifestações da força muscular (Figura 2) de Weineck (1999), a força possui três formas de manifestação: força máxima, força rápida e força de resistência.



Figura 2. Manifestações da força muscular. Baseado na literatura relevante (Adaptado de Weineck, 1999).

Força máxima define-se, operacionalmente, de acordo com Knuttgen e Kraemer (1987), a capacidade máxima que um músculo ou grupo muscular pode gerar força a uma velocidade específica ou determinada, independente do fator tempo. Segundo Bompa, (2002), a força máxima é força mais alta que o sistema neuromuscular pode executar durante uma contração voluntária máxima e é demonstrada pela carga mais alta que o indivíduo pode levantar em uma tentativa. A força máxima, por sua vez, deve ser entendida como uma forma de manifestação que influencia todos aos outros componentes de produção de força (BOSCO, 2007).

Força de resistência define-se como a capacidade muscular para sustentar e suportar trabalho de uma ação muscular por um tempo prolongado (BOMPA, 2002). No que tange à força rápida, como dito anteriormente, entende-se por força máxima o valor mais elevado de força que o sistema neuromuscular é capaz de produzir, independentemente do fator tempo. Logo que a força é condicionada a um fator de tempo é feito a transição para o “campo” da força rápida. A grande maioria dos esportes não dependem tanto de altas expressões de força, mas muito mais de que essa força ou parte dela seja produzida em alta velocidade. Dentro do “campo” da força rápida, existem três subtipos de manifestação dessa força: a taxa de desenvolvimento de força (TDF), potência e força reativa. A seguir, tanto a TDF quanto a potência serão aprofundadas.

4.1.1 Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF)

Estudos demonstraram que existe uma alta correlação entre força máxima e potência muscular. Assim, atletas mais fortes possuem uma vantagem no ganho de produção de potência (CORMIE et al., 2010). Em atletas mais fracos, aumentar a capacidade de força máxima produz maiores aumentos na TDF e potência do que treinar isoladamente a potência muscular. Ademais, existe uma alta relação entre força e potência máximas. A TDF pode ser percebida como a “ponte” entre estas duas capacidades, visto que a maior parte das habilidades e atividades esportivas não são realizadas dentro de um prazo que permita a expressão de produção máxima de força (ZATSIORSKY & KRAMER, 2006).

A TDF é uma medida de força rápida ou simplesmente quão rápido um atleta pode desenvolver força – por isso a “taxa” de “desenvolvimento de força” ($TDF = \Delta\text{Força} / \Delta\text{Tempo}$). Isto é definido como a velocidade na qual os elementos contráteis do músculo podem desenvolver força (AAGAARD et al., 2002). Portanto, melhorar a TDF de um atleta significa torná-lo mais potente, pois permite desenvolver forças maiores em um período mais curto de tempo. Melhorar a capacidade de produção de potência de um atleta pode melhorar o seu desempenho esportivo, e TDFs mais elevadas têm sido diretamente associados a melhores desempenhos de salto (NUZZO et al., 2008), sprint (SLAWINSKI et al., 2010), ciclismo (STONE et al., 2004) e levantamento de peso (MCLELLAN et al., 2011). Acredita-se comumente que a TDF se manifesta durante o ciclo de encurtamento-alongamento (CEA). Dependendo da duração do ciclo, os exercícios são classificados como movimentos lentos (≥ 250 milissegundos) ou rápidos (≤ 250 milissegundos) (TURNER & JEFFREYS, 2010). Por exemplo, um SCM é classificado como um movimento CEA lento, pois a duração do CEA dura aproximadamente 500 milissegundos (LAFFAYE et al., 2014). Por outro lado, o sprint é classificado como um movimento CEA rápido, pois a duração do CEA dura entre 80-90 milissegundos (TAYLOR & BENEKE, 2012). Isto, portanto, destaca a importância da TDF no papel do desempenho esportivo.

A força máxima é um componente importante na produção de altos níveis de força no esporte (STONE et al., 2007). No entanto, como dito anteriormente, o tempo necessário para completar muitas habilidades específicas no esporte é mais curto do que o necessário para expressar a força máxima. Mais especificamente, uma janela mínima de aproximadamente 300 milissegundos é necessária para

produzir a força máxima muscular (AAGAARD, 2003), entretanto a aplicação de força durante habilidades como correr, saltar, arremessar e chutar dura aproximadamente de 30–200 milissegundos. Assim, a taxa em que a força é desenvolvida dentro desses curtos períodos direciona o valor máximo de quantidade de força aplicada durante essa habilidade. Uma maior força aplicada durante um determinado período cria um impulso maior, facilitando assim um maior momento e, subsequentemente, maior produção de potência. Curiosamente, a força muscular tem sido repetidamente demonstrada com sendo um fator diferenciador no sucesso atlético (HAWLEY et al., 1992; BEVAN et al., 2010; NIMPFIUS et al., 2010). Embora muitos estudos tenham atribuído melhorias no desempenho a aumentos na produção de potência, pode ser mais coerente atribuir esse desenvolvimento a uma maior TDF, pois pode ser considerado como o mecanismo principal para a produção de altos níveis de potência. Portanto, como observado por Stone et al. (2002), a TDF é talvez um dos principais fatores para o sucesso no esporte em um amplo espectro de eventos. Este conceito foi apoiado em vários estudos diferentes no que diz respeito às habilidades esportivas gerais e específicas, como corrida (WEYAND et al., 2010), saltos (CORMIE et al., 2010), mudança de direção (CODA) (NIMPFIUS et al., 2010), arremesso (MARQUES et al., 2011), movimentos de levantamento de peso (BECKHAM et al., 2013) e movimentos baseados em resistência atividades (STONE et al., 2006).

4.1.2 Potência Muscular

A capacidade de acelerar rapidamente um corpo a partir de seu estado de repouso é considerada particularmente importante para o sucesso do desempenho em muitas atividades esportivas. Muitos esportes como atletismo, rúgbi, futebol, futebol americano, vôlei e basquete envolvem movimentos que exigem geração de força durante um curto período de tempo (MCBRIDE et al., 1999). Tais movimentos incluem arremessos, saltos, acelerações, mudanças de direção e atividades de arranque (NEWTON & KRAEMER, 1997). Nessas atividades, a capacidade de produzir altos níveis de potência mecânica é o principal fator determinante do desempenho (CRONIN et al., 2005). A potência mecânica depende da capacidade dos sistemas neuromuscular e osteoarticular dos atletas gerarem altos níveis de

força e aplicá-la com eficácia no ambiente (ex: apoio no solo, bola, projétil) e de produzir essa força em alta velocidade de contração (CORMIE et al., 2011).

A potência mecânica pode ser definida como a taxa de trabalho ou a força multiplicada pela velocidade do movimento (KAWAMORI & HAFF, 2004).

$$Potência = \frac{Trabalho}{Tempo} \quad (1)$$

$$Potência = Força \times \frac{Distância}{Tempo} \quad (2)$$

$$Potência = Força \times Velocidade \quad (3)$$

A equação de potência (Equação 3) reflete a dois componentes que devem ser considerados ao tentar maximizar a potência da saída. O primeiro componente é a velocidade, que está diretamente relacionada ao momento, e o segundo é a força, que está associada ao momento por meio do impulso (Equação 4) (TABER et al., 2016).

$$Força \times \Delta Tempo \text{ (impulso)} = Massa \times \Delta Velocidade \text{ (Momentum)} \quad (4)$$

Em relação à velocidade, o conceito de examinar mudanças no impulso para entender o componente de velocidade da equação de potência é usado porque a maioria das atividades esportivas envolvem acelerar uma massa. Quando a massa em questão é uma carga externa que está submetida a uma ação motriz, alterações na massa podem levar a mudanças na velocidade, quando o impulso é mantido constante. Quando esses conceitos são aplicados a movimentos relacionados ao esporte em que um atleta está acelerando sua própria massa, qualquer a mudança no momento deve ser obtida alterando a velocidade, exigindo uma mudança no impulso (TABER et al., 2016).

Em relação à força, a força aplicada durante a maioria das ações no esporte não é constante ao longo do tempo, portanto, para calcular o impulso (Equação 5) é necessário utilizar a integral de força. Isso permite que a força aplicada possa ser representada como a área sob a curva tempo-força. Pesquisas mostraram que a duração do tempo em que forças são aplicadas em vários esportes é modificável de forma insignificante, especialmente nos níveis mais elevados. Isto leva à ideia de

que, para que o impulso seja aumentado, a força total aplicada durante a ação deve ser aumentada (TABER et al., 2016).

$$\text{Impulso} = \int \text{Força} \times \Delta t \quad (5)$$

Como a potência é o produto da força e da velocidade, ambas as componentes precisam ser abordadas em um programa de treinamento para desenvolver a potência muscular. No entanto, força e velocidade não são independentes uma da outra nas ações musculares. Quando a velocidade do movimento aumenta, a força que o músculo pode produzir diminui durante ações musculares concêntricas. Portanto, a potência máxima é alcançada em um nível equilibrado de força e velocidade máxima (SIEGEL et al., 2002). Acredita-se que a potência mecânica máxima ocorra com uma resistência de 30% da força isométrica máxima (FAULKNER et al., 1986) ou 30–45% de 1 repetição máxima (1RM) (HARRIS et al. 2000). Wilson et al. (1993) postularam que 30% da força isométrica máxima foi a carga que permitiu atingir a maior potência mecânica. Esta noção é apoiada pelo trabalho de Moss et al. (1997). No entanto, outros investigadores têm defendido resistências no intervalo de 10–80% de 1RM para maximizar a produção de potência mecânica, dependendo da natureza do exercício (membro superior vs. inferior, uniarticular vs. multiarticular, tradicional vs. “explosivo”), da experiência de treinamento do atleta e o status de treinamento do atleta dentro de um ciclo de treinamento anual (STONE et al., 2003). Existe um debate considerável sobre qual intervalo de intensidade da carga de treinamento (porcentagem de carga da força isométrica máxima ou 1RM) traz as adaptações mais favoráveis no desenvolvimento de potência durante o treinamento (BAKER et al. 2001). Alguns investigadores (SCHMIDTBLEICHER, 1992) sugeriram o uso de cargas pesadas (80% de 1RM) para induzir o recrutamento de unidades motoras de contração rápida de alto limiar, que produzem mais potência do que unidades motoras de contração lenta de baixo limiar (FAULKNER et al., 1986), com base no princípio do tamanho (FLECK & KRAMER, 1997). Por outro lado, vários estudos demonstraram que, para aumentar a produção de potência, os atletas devem treinar com a velocidade e a resistência que maximizam a potência de saída (MCBRIDE et al., 2002; KAWAMORI & HAFF, 2004; CORMIE et al., 2011; JARIC, 2015), porque há controvérsia na literatura quanto a carga para a qual o músculo pode gerar a maior potência de saída (Figura 3) e a carga ótima para o desenvolvimento da potência muscular.

Estudos anteriores, em que foram avaliados indivíduos destreinados em exercícios uniarticulares de membros superiores suportam porcentagens mais baixas da carga máxima (30–45% de 1RM), enquanto estudos que utilizaram indivíduos treinados, em exercícios multiarticulares ou para membros inferiores do corpo tendem a suportar porcentagens mais elevadas (30-70% de 1RM) para maximizar a produção de potência mecânica (KANEKO et al. 1983; MOSS et al., 1997; NEWTON et al., 1997; BAKER et al., 2001; BAKER et al., 2001; CRONIN et al., 2001), embora este nem sempre seja o caso (STONE et al., 2003). Parece que a carga ideal para a potência mecânica máxima depende da natureza do exercício, da experiência do atleta e do status de treinamento do atleta dentro de um ano (BAKER et al., 2001).

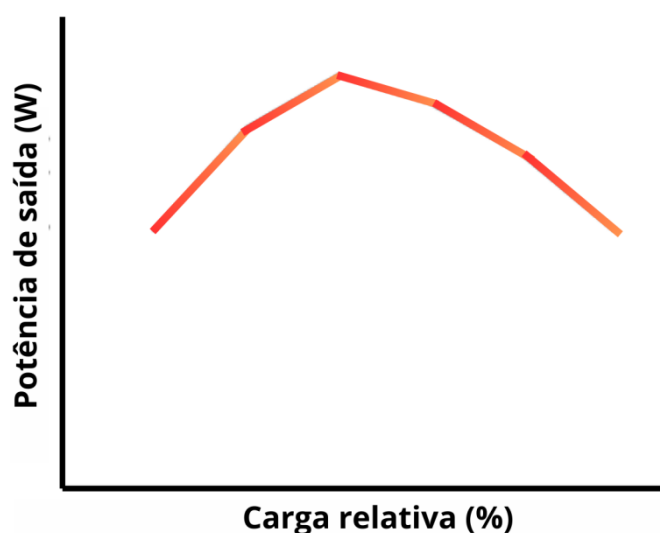


Figura 3. Descrição da curva carga-potência (Adaptado de KAWAMORI & HAFF, 2004).

Realizar testes de potência máxima em músculos extensores dos membros inferiores é uma prática comum na avaliação do desempenho esportivo. A potência máxima é comumente avaliada a partir de diferentes movimentos produzidos pelos membros inferiores, como: sprint de corrida ou ciclismo (JASKOLSKA et al., 1999) e salto vertical (RAHMANI et al., 2000). Independentemente do tipo de movimento de membros inferiores analisado, a potência pode ser calculada a partir de equações específicas.

4.2 Fatores que influenciam o desenvolvimento da potência muscular

4.2.1 Fatores Neurais

Uma ampla variedade de fatores neuromusculares foi relatada e sugerida como contribuidores para a alta produção de potência (HAFF et al., 2001). Entre os fatores neurais incluem o recrutamento de unidades motoras, codificação e sincronização de taxa de disparo. Geralmente, as unidades motoras de alto limiar, que normalmente são compostas por fibras musculares do tipo II, precisam ser recrutadas para gerar alta potência de saída. Estas unidades motoras maiores e mais potentes são geralmente recrutadas apenas quando um esforço voluntário máximo é dado, e alguns atletas destreinados podem não ser capazes de recrutar-las (HAFF et al., 2001). Portanto, aprender como recrutar unidades motoras de alto limiar através do treinamento irá teoricamente melhorar a capacidade de produção de potência. Embora o recrutamento de unidades motoras geralmente siga um princípio de “tamanho” (ou seja, menores unidades motoras são recrutadas antes das unidades motoras maiores), unidades motoras maiores podem ser preferencialmente recrutadas sobre unidades motoras menores em ações musculares balísticas (HAFF et al., 2001). O uso de ações musculares balísticas, por exemplo, em um programa de treinamento pode melhorar a capacidade de recrutar unidades motoras de alto limiar mais rapidamente ou mais eficientemente (HAFF et al., 2001).

Outro mecanismo neural, é a codificação da taxa de disparo, que é definido como frequência de disparo da unidade motora. Quanto maior a frequência de disparo de uma unidade motora, maior será a produção de força (SALE et al., 1992). Quando a frequência de disparo da unidade motora excede o nível suficiente para atingir a força máxima, o aumento adicional na frequência de disparo contribui para a um aumento na TDF (SALE et al., 1992). A TDF é considerada um fator importante na produção de altos níveis de potência porque o tempo para exercer a força geralmente é limitado em ações musculares potentes (NEWTON & KRAMER, 1994). Portanto, o aumento da capacidade de codificação ou frequência de disparo da unidade motora, é uma adaptação possível para produção de altos níveis de potência. Além da maior sincronização ou ativação síncrona de unidades motoras (BAKER et al., 2001).

4.2.2 Fatores Musculares

Fatores musculares que podem contribuir para níveis altos de potência de saída incluem área de secção transversal muscular (AST) e o tipo de fibra muscular. Existe uma forte relação entre AST muscular e força, ou seja, aumentos na AST muscular (i.e., hipertrofia) contribuem para o ganho de força (ROY & EDGERTON, 1992). Isso acontece por que a força muscular é um componente da potência, o aumento na força adquirida com o aumento da hipertrofia muscular poderia contribuir para produção de potência. Por outro lado, o excesso de massa muscular pode ser desvantajoso ou prejudicial porque a hipertrofia muscular “extrema” pode estar associada com diminuição da amplitude de movimento e alterações musculares nos ângulos de penação, o que poderia deteriorar a produção de potência (NEWTON & KRAMER, 1994). Portanto, a hipertrofia muscular excessiva é desfavorável e deve ser evitada, embora o treinamento resistido seja necessário.

Outro fator muscular é o tipo de fibra muscular. As fibras musculares de contração rápida produzem mais potência do que as fibras musculares de contração lenta (FAULKNER et al., 1986). Além disso, foi demonstrado que a potência de pico está correlacionada com porcentagem de fibras musculares de contração rápida. Portanto, expressar uma porcentagem mais elevada de fibras musculares de contração rápida pode ser vantajoso para o desempenho em atividades com predominância da potência. Numerosos fatores possíveis poderiam contribuir para uma alta geração de potência, além dos mencionados acima. Para melhorar tais fatores e, conseqüentemente, a potência desenvolvida, é necessário ter estímulos de diferentes tipos de treinamento.

4.3 Método de análise da potência muscular

4.3.1 Perfil de Força-Velocidade

A abordagem do perfil de potência-força-velocidade é baseada nas relações da curva força-velocidade e potência-velocidade que caracterizam as capacidades mecânicas máximas do sistema neuromuscular dos membros inferiores. Esta abordagem está diretamente relacionada às características mecânicas do componente contrátil muscular pelo modelo de Hill (HILL, 1938).

Como citado anteriormente, semelhante a outros sistemas que convertem energia e produzem trabalho mecânico e potência, a força e a velocidade de músculos humanos estão inversamente relacionadas. Estudos da primeira metade do século XX revelaram que, para o mesmo nível de excitação neural, um aumento na velocidade de encurtamento muscular causa um decréscimo na força muscular de forma não linear. Especificamente, tanto em músculos animais *in vitro* (HILL, 1938) quanto em grupamentos musculares em humanos (WILKIE, 1950) estudos revelam uma relação entre força-velocidade aproximadamente hiperbólica (F-V). Como a potência representa um produto de força e velocidade, a relação força-velocidade determina diretamente o padrão da relação potência-velocidade. Devido a uma relação força-velocidade não linear, a relação potência-velocidade também descreve uma forma complexa e parcialmente inclinada para baixo no eixo da velocidade. Uma das consequências disso é que tanto a carga externa ideal (corresponde à força muscular ideal) quanto a velocidade de encurtamento ideal são um pouco abaixo de 50% dos seus valores teoricamente máximos. As formas descritas acima das relações força-velocidade e potência-velocidade foram consistentemente apresentadas em vários materiais de livros didáticos na mecânica muscular (Figuras 4A e 4B).

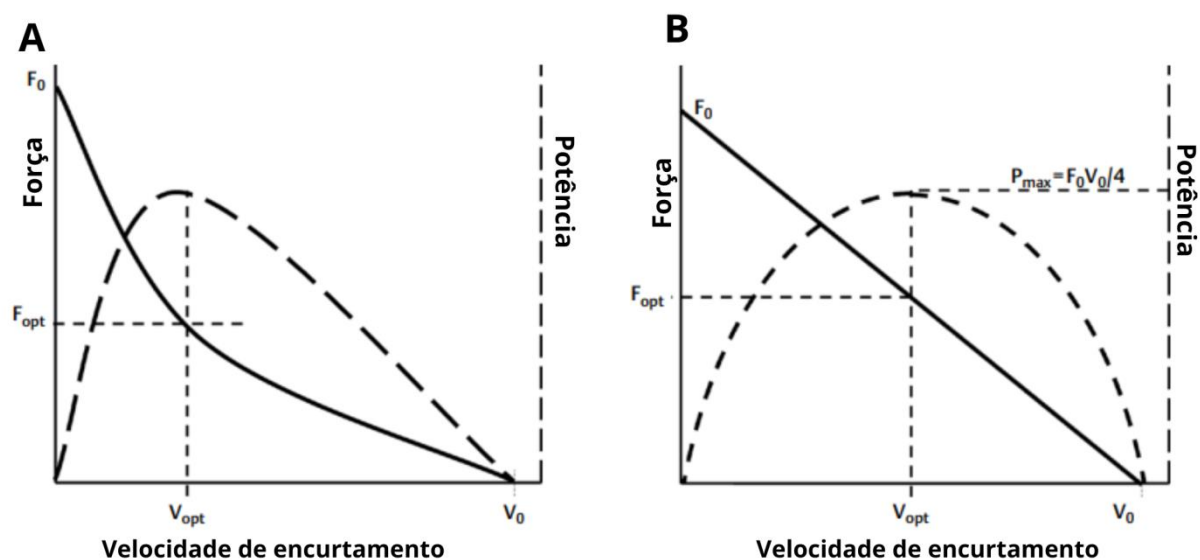


Figura 4 A. Curva típica de força-velocidade (linha sólida) e curva potência-velocidade (linha tracejada) correspondente à relação obtida de um único músculo ou grupamento muscular hipotético. F_{opt} corresponde à força muscular que supera a carga externa ideal que resulta em uma velocidade de encurtamento ideal para maximizar a potência. **B.** Relação Linear FV (linha sólida) e o PV parabólico correspondente (linha tracejada) obtida a partir de tarefas multiarticulares. A força ótima (F_{opt}) corresponde à metade de F_0 (Adaptado de JARIC, 2015).

Embora a relação força-velocidade de músculos individuais e grupos musculares tenda a ser não linear, vários estudos realizados em tarefas multiarticulares de desempenho máximo sugeriram que poderia existir uma relação aproximadamente linear entre a força e velocidade de todo o corpo ou dos membros do corpo (CORMIE et al., 2011). Mais recentemente, padrões força-velocidade aproximadamente lineares foram obtidos a partir de vários saltos verticais (CUK et al., 2012; SAMOZINO et al., 2014), extensões simultâneas de pernas onde os músculos das pernas atuam através de movimentos em cadeia cinética fechada (SAMOZINO et al., 2012; SAMOZINO et al., 2014), ciclismo (DRISS & VANDEWALLE, 2013) e movimentos para membros superiores do corpo (NIKOLAIDIS, 2012). Desde o estudo de Vandewalle e colaboradores (1987), o método usado para obter a relação F-V tem sido normalmente baseado em uma manipulação de carga externa que fornece um intervalo de dados força e velocidade, que permite aplicar um modo de regressão linear:

$$F(V) = F_0 - aV \quad (6)$$

onde F_0 é a interceptação força correspondente ao máximo de força quando a velocidade é zero, enquanto a é a inclinação que corresponde a F_0/V_0 quando V_0 é a interceptação de velocidade (velocidade quando a força é zero). Consequentemente, a relação linear F-V revela a Potência Máxima (P_{\max}).

$$P_{\max} = \frac{F_0 \cdot V_0}{4} \quad (7)$$

Portanto, a forma da relação força-velocidade e potência-velocidade dos músculos testados são determinadas por valores numéricos dependentes (isto é, F_0 , V_0 , a e P_{\max}). A maioria das relações lineares força-velocidade observadas nos estudos normalmente provaram ser fortes e altamente significativas (RAHMANI et al. 2004; YAMAUCHI & ISHII, 2007; CUK et al., 2012; SAMOZINO et al., 2014). No entanto, poucos estudos avaliaram diretamente as possíveis diferenças entre modelos lineares e não lineares (CUK et al., 2012), bem como nem todos os parâmetros da relação força-velocidade provaram ser altamente válidos e sensíveis para detectar diferenças entre vários indivíduos e populações.

Em relação às origens da linearidade da relação força-velocidade, estudos sugerem que a causa principal pode ser a segmentação dinâmica (BOBBERT, 2012) ao invés de vários mecanismos de controle neural (YAMAUCHI & ISHII, 2007). Em particular, uma vez que a literatura sobre controle motor sugere que a complexidade das propriedades mecânicas do sistema músculo-esquelético não devem ser um fator desafiador para o sistema nervoso central no controle e otimização dos movimentos (LATASH et al., 2007), é improvável que o objetivo da relação linear força-velocidade seja simplificar o controle do movimento (YAMAUCHI & ISHII, 2007). Uma explicação mais plausível obtida de um estudo de modelagem é que em velocidades aumentadas de extensão das articulações adjacentes, a dinâmica segmentar cancela uma maior proporção de força muscular (BOBBERT, 2012). Como resultado, a força exercida torna-se severamente reduzida.

A regressão linear da relação força-velocidade revela diretamente dois parâmetros independentes: a inclinação (a) e a interceptação força (F_0). Eles são interpretados, respectivamente, como medidas de força e 'perfil FV normalizado' (ou seja, o equilíbrio das capacidades de produção de força e velocidade) (JIMÉNEZ-REYES et al., 2014; SAMOZINO et al., 2014). Eles também permitem calcular outros dois parâmetros importantes: a velocidade máxima (V_0) e a potência de saída máxima (P_{max}). No entanto, diversos estudos que abordam a relação força-velocidade foram conduzidos não apenas em diferentes tarefas multiarticulares, mas executadas por sujeitos de diferentes níveis de aptidão física e diferentes métodos de adição de carga externa. Como esperado, diferentes músculos testados revelaram inevitavelmente valores diferentes em relação aos parâmetros de força-velocidade. Além disso, alguns autores apresentaram valores absolutos dos parâmetros de regressão, enquanto outros preferiram os valores normalizados pela massa corporal. Talvez a diferença mais importante possa ser o tipo de variáveis utilizadas.

A força e velocidade são, portanto, características subjacentes da produção de energia mecânica nos movimentos esportivos (CORMIE et al., 2011). Embora a avaliação e o monitoramento em longo prazo dessas capacidades seja fundamental tanto para o desempenho quanto para processos de reabilitação, uma avaliação com precisão muitas vezes requer dispositivos específicos e/ou caros, como cicloergômetros (ARSAC et al., 1996), plataformas de força (HARMAN et al., 1991) e transdutores lineares (CORMIE et al., 2007), o que pode ser impraticável para uso

em campo. Consequentemente, um método conveniente, simples e preciso disponível para medir a potência pode ser essencial para os profissionais do esporte. Recentemente, Samozino e colaboradores (2008) apresentaram métodos para calcular força, velocidade e potência no salto e sprint (SAMOZINO et al. 2015) calculado por meio de medições amplamente acessíveis e incorporado por dispositivos (como smartphone) e outros softwares práticos (i.e My jump 2). Além disso, popularizaram o acesso para medir o PFV. Graças a esses métodos, todos os aspectos mecânicos importantes de salto e corrida podem ser derivados de medidas básicas de massa corporal, comprimento dos membros inferiores, altura do salto e com, apenas, medições de distância-tempo ou velocidade-tempo.

4.4 Aplicações do PFV no treinamento

A utilização do PFV para avaliação e parâmetro para treinamento tem se popularizado entre profissionais do esporte e treinadores. (TABER et al. 2016). O PFV de cada indivíduo pode ser ajustado através do treinamento, de forma que possa ser monitorado frequentemente e sofrer estímulos adequados para mantê-lo sob um perfil vantajoso para determinada modalidade esportiva.

Lembrando que a força e a velocidade são inversamente proporcionais, em uma aplicação prática, quanto mais pesada à carga, mais lenta será a velocidade de contração e quanto mais leve for a carga, maior será a velocidade de contração. Esse relacionamento é importante porque aproximadamente no centro da curva força-velocidade está a potência máxima (TOJI & KANEKO, 2004). Estudos mostraram que a velocidade de encurtamento muscular humana é limitada (NYITRAI et al. 2006; SARGEANT, 2007), então, para melhorar a curva força-velocidade, são desejáveis aumentos de força. Os estudos de Nyitrai et al. (2006) e Sargeant (2007) apresentaram que a velocidade de encurtamento do músculo é limitada por causa da cinética enzimática do músculo esquelético. O músculo humano não consegue dissociar, rapidamente, a miosina de cadeia pesada dos filamentos de actina, ação que é realizada pela miosina ATPase. Portanto, deve ser dada consideração adicional ao tipo de fibra em questão, pois a dissociação das pontes cruzadas nas fibras do tipo II ocorre de 4 a 9 vezes mais rápido do que as fibras do tipo I (BOTTINELLI et al. 1996). Já que a velocidade de encurtamento é limitada, a força

máxima torna-se cada vez mais importante para fornecer uma janela na qual cause aumentos na produção de potência (BOTTINELLI et al. 1999).

Para causar uma mudança na curva força-velocidade, o treinamento de força por si só fornece um estímulo adequado para alterar essa relação em indivíduos destreinados (HAKKINEN, 1989). No entanto, para aqueles com nível avançado de treinamento e mais fortes, uma abordagem com métodos mistos deve ser implementada para alcançar aumentos contínuos no desempenho (WILSON et al., 1993). À medida que o tempo de treinamento aumenta, é necessário que dentro desta abordagem com métodos mistos, desenvolva-se tanto a força máxima quanto a velocidade máxima, para que aumente a capacidade de gerar potência máxima. Mais especificamente, sem uma abordagem de métodos mistos, a relação da curva força-velocidade será desenvolvida assimetricamente. Assim, o efeito de treinamento desejado é deslocar a curva para cima e para a direita. Esta mudança representa aumentos em ambos força máxima e velocidade máxima, aumentando assim a potência máxima de saída (Figuras 5A, B, C, D). Alguns exemplos de métodos de treino são: treinamento de força tradicional, treinamento de potência, treinamento pliométrico, treinamento balístico, levantamento de peso olímpico, entre outros.

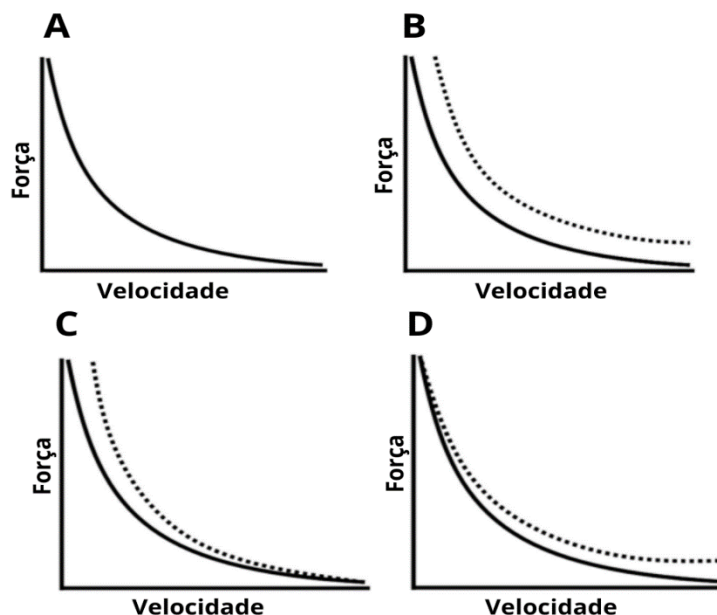


Figura 5 **A.** Curva força-velocidade tradicional. **B.** Efeito do método do treinamento-misto, aumentando a capacidade de produção de potência. **C.** Efeito do treinamento resistido com cargas pesadas. **D.** Efeito do treinamento em altas velocidades.

Esta relação força-velocidade também é importante porque serve de base para o desenvolvimento da potência e fornece um subsídio teórico para a estruturação e implementação de um programa de treinamento. Protocolos de treinamento envolvendo exercícios em alta velocidade e alta força de contração produzem melhores resultados do que treinar cada aspecto isoladamente, mas uma periodização adequada deve ser usada para maximizar estímulos de treinamento misto (PAINTER, 2009). Harris et al. (2000) mostrou que treinar força máxima antes da velocidade máxima fornece as adaptações mais benéficas e isso pode ser devido em parte aos ganhos atrasados no desempenho por conta das limitações na velocidade do encurtamento do músculo esquelético. O treinamento visando força máxima adotado foi pensado apenas para estimular a produção de potência em cargas pesadas (HARRIS et al., 2000; MOSS et al., 1997). Stone et al. (1981) demonstraram que o treinamento com cargas pesadas teve efeito sobre a potência de saída em cargas leves. Adicionalmente, Stone et al. (2002) também mostraram que a associação entre a força máxima com a potência de saída pode representar até 50% de variação. Esta associação entre força máxima e potência de saída indica que a força máxima deve ser um foco no treinamento, mesmo que as cargas utilizadas sejam superiores ao encontrado na modalidade de competição do atleta.

O PFV pode diferir de acordo com diversos fatores como, por exemplo, entre posições dentro de um mesmo esporte. Em um estudo, McMaster e colaboradores (2016) avaliaram 20 atletas de rúgbi que competiam na Nova Zelândia, sendo 9 “atacantes” e 11 “defensivos”. Foi encontrado que a F_{max} dos atacantes foi 13–16% (ES = 1,17 e 1,43; $p = 0,01$) maior do que a dos defensivos. Em contrapartida a V_{max} dos defensivos foi 5–15% (-0,32 para -0,65; $p > 0,15$) maior do que a dos atacantes durante o lançamento de barra com contra movimento e no lançamento de barra somente com ação concêntrica no supino. Em apoio às conclusões acima, os atacantes produziram significativamente ($p < 0,01$) maior (ES = 1,31–1,77) pico de força em todo o espectro de cargas.

Também há diferenças no PFV entre modalidades esportivas, sexo e níveis de treinamento. Giroux et al. (2016) determinaram os perfis FV e PV de uma amostra grande de atletas de elite e indivíduos ativos (controle), avaliando um movimento comumente usado (agachamento com salto) e estudando o nível de otimização desses perfis. As principais descobertas foram que (I) relações FV e PV medidas durante um agachamento com salto são específicas da atividade esportiva

e (II) a relação força-velocidade dos atletas de elite diferiam do perfil ideal, particularmente para esgrimistas (+14 para +24%, $p < 0,05$), praticantes de taekwondo (+12 para +20%, $p < 0,05$) e participantes controle. Esta descoberta constitui novas fontes potenciais de melhoria de desempenho para atletas altamente treinados. Em apoio à primeira hipótese, os grupos controle masculino e feminino produziram F_0 , V_0 e P_{max} mais baixos do que atletas de elite. Como esperado, esse resultado mostra que o status de treinamento contribui para melhorar as capacidades musculares em comparação a indivíduos moderadamente ativos. Além disso, a inclinação do perfil foi menor para o grupo controle do sexo feminino do que para ciclistas e velocistas atléticas femininas (-10.4 ± 1.9 vs -15.6 ± 3.4 , respectivamente), revelando uma menor capacidade de geração de força em participantes do grupo controle.

Diferenças significativas também foram observadas entre os esportes considerados no estudo de Giroux et al. (2016). Por exemplo, a inclinação dos PFV dos ciclistas masculinos foi maior que a dos atletas de taekwondo. Essas diferenças se devem a um perfil voltado para capacidades de força em ciclistas, enquanto os praticantes de taekwondo apresentaram perfis mais orientados para a velocidade. Velocistas também apresentaram perfis orientados à força (ou seja, F_0 foi significativamente maior) em comparação com os demais atletas testados. Junto com os atletas de esportes de combate, os velocistas também apresentaram maiores capacidades de velocidade e maior geração de potência do que os outros grupos. Essas capacidades podem estar relacionadas às demandas específicas do desempenho da corrida de sprint. Na verdade, os velocistas precisam ser capazes de produzir uma grande quantidade de força, especialmente durante a fase de push-off nos blocos de partida por exemplo.

Além do que já foi exposto acima, as diferenças nos perfis força-velocidade entre grupos podem refletir as adaptações específicas inerentes à prática crônica da atividade considerada (ENOKA, 1997), mas também podem destacar predisposições intrínsecas dos atletas para sua disciplina. Na verdade, as capacidades de geração de F e V de um músculo dependem parcialmente de fatores genéticos. Tomados em conjunto, esses argumentos sugerem que os perfis força-velocidade podem ser considerados para detectar jovens atletas promissores.

Em relação ao método de treinamento, no estudo de Jiménez et al. (2017), 84 indivíduos foram classificados como deficientes em velocidade, deficientes em força ou bem equilibrados, de acordo com o PFV. Em seguida, os indivíduos foram divididos em dois grandes grupos de treinamento: o grupo otimizado, que realizou treinamento baseado no PFV e o grupo não otimizado (n=18), que realizou treinamento tradicional independente do PFV. O grupo otimizado foi dividido em três subgrupos: deficiente em velocidade (n=18), deficiente em força (n=22) e balanceado (n=6) (quando não houve desequilíbrio entre força e velocidade no PFV traçado). O grupo não otimizado foi dividido em dois subgrupos, de treinamento: não específico e o controle. Todos os grupos realizaram 9 semanas de treinamento resistido específico, o programa destinado ao grupo otimizado tinha como objetivo reduzir qualquer desequilíbrio entre força e velocidade, enquanto os participantes do grupo não otimizado realizaram um programa clássico e similar de treinamento entre os participantes. Os três subgrupos do grupo otimizado (i.e., deficiência em velocidade, deficiência em força e balanceado) aumentaram significativamente o desempenho do salto vertical ($+12,7 \pm 5,7\%$, $ES = 0,93 \pm 0,09$; $+14,2 \pm 7,3\%$, $ES = 1,00 \pm 0,17$ e $+7,2 \pm 4,5\%$, $ES = 0,70 \pm 0,36$, respectivamente), enquanto os resultados do grupo não otimizado e controle foram variáveis e pouco claros ($+2,3 \pm 4,7\%$, $ES = 0,14 \pm 0,13$ e $-1,43 \pm 3,3$, $ES = -0,09 \pm 0,10$, respectivamente). As conclusões deste estudo sugerem que o PFV pode ser utilizado por treinadores (as) para adaptar seus programas de treinamento mais especificamente às necessidades individuais de cada atleta.

4.5 Potencialização Pós-Ativação

A PPA é um fenômeno que induz um aumento temporário na capacidade geração de força durante testes de verificação através de contrações evocadas eletricamente. (RASSIER,2000; BOULLOSA, 2021). Esse fenômeno é induzido a partir da realização de um exercício de pré-ativação (PA) em intensidade máxima ou próxima à máxima, sendo potencialmente um dos fatores responsáveis por incrementar agudamente a performance de atletas em provas que exigem força e potência (GULLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996; GOURGOULIS et al., 2003). O fenômeno da PPA é capaz de induzir aumentos entre 4-188% no pico de torque (Figura 6) e/ou na TDF evocados eletricamente (PRIESKE et al., 2020).

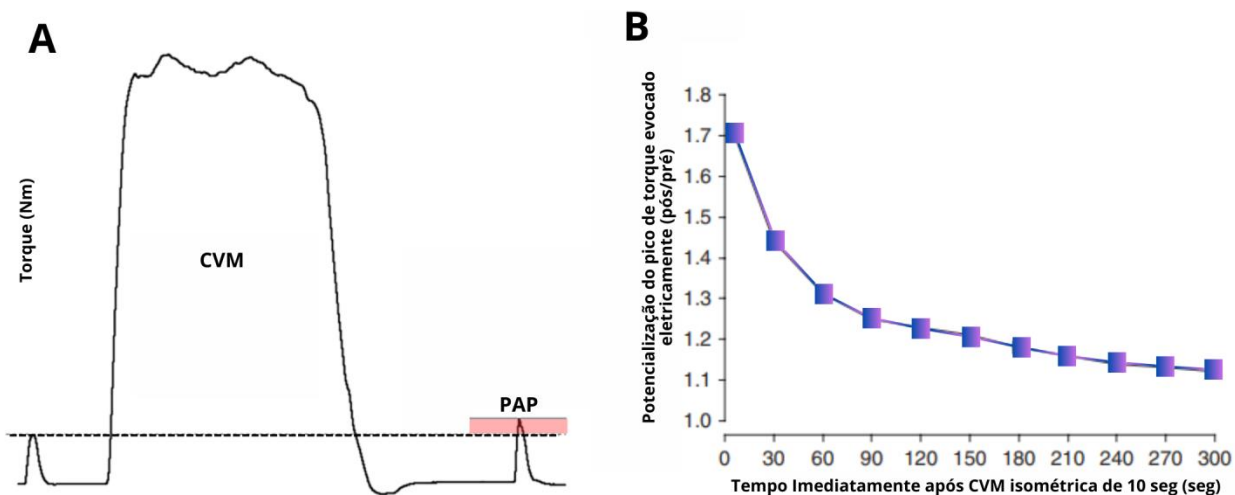


Figura 6 A. Exemplo de ação da PPA em músculo isolado (i.e quadríceps, flexor plantar, etc). Uma contração (pré) é eletricamente estimulada em repouso. Dois segundos após uma contração voluntária máxima (CVM), é realizada outra contração evocada (pós), resultando, ao final, em um maior pico de torque. A magnitude do aumento entre o pico de torque inicial (linha tracejada) até o pico de torque final (linha sólida + retângulo vermelho) corresponde ao fenômeno da PPA (Adaptado de PRIESKE et al., 2020). **B.** O curso de tempo da potencialização do pico de torque evocado imediatamente após uma CVM isométrica de 10 segundos (Adaptado de HAMADA et al., 2000).

O fenômeno da PPA pode ser determinado por diversos fatores e mecanismos (fisiológicos, mecânicos e metabólicos), podendo ser influenciado, também, por características individuais daqueles que dele se beneficiam. O principal mecanismo determinante da PPA é a fosforilação da miosina regulatória de cadeia leve, que altera a formação das pontes cruzadas, estabelecendo maior aproximação e interação entre as proteínas contráteis (cabeça da miosina e filamentos de actina) e, conseqüentemente, promovendo maior desenvolvimento de tensão e, assim, potencializando a força muscular produzida (RASSIER & MACINTOSH, 2000). Pelo fato desse mecanismo fisiológico acontecer rapidamente, a janela de ocorrência deste fenômeno também é breve. Os efeitos de aumento de pico de força e TDF (Figura 7) do PPA “clássico” são observados quase imediatamente (logo após a PA – 2 minutos) a após a atividade condicionante por meio de uma contração muscular (Figura 8) (PRIESKE et al., 2020).

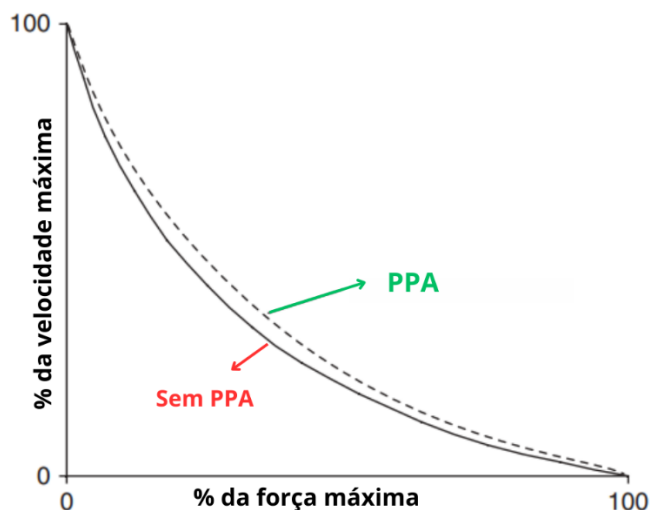


Figura 7. Relação entre FV. A linha pontilhada representa uma curva FV menos “côncava” devido a um aumento na taxa de desenvolvimento de força (TDF) induzido pela ação da PAP (Adaptado de SALE, 2002).

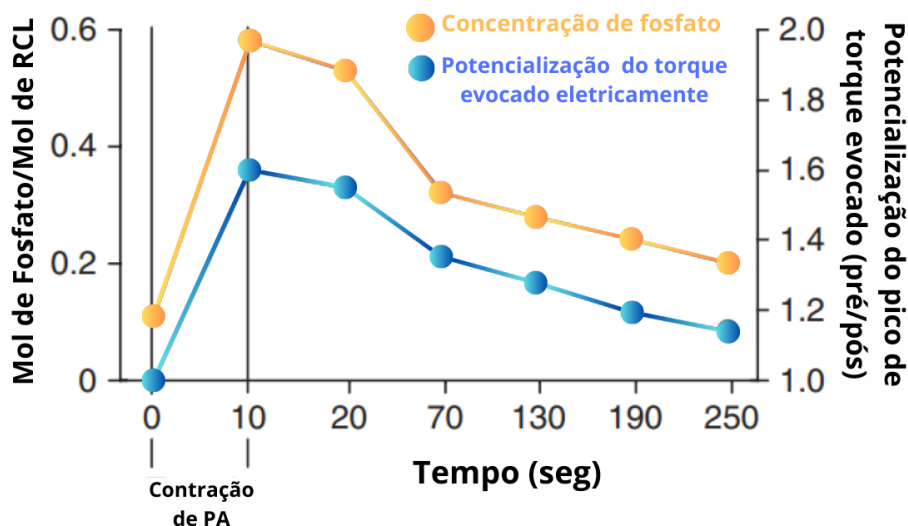


Figura 8. Cinética da fosforilação da regulatória de cadeia leve (RCL) e da potencialização do pico de torque evocado eletricamente, após um intervalo de 10 segundos de contração de PA. A potencialização é representada como uma razão entre o valor do pico de torque pós CVM e o valor de pico de torque pré-CVM (pós/pré). Esses resultados indicam uma possível relação entre a fosforilação de RCL e potencialização do torque evocado em repouso (Adaptado de MOORE & STULL, 1984).

Existem outros dois mecanismos, cujas contribuições para a PPA ainda são debatidas na literatura: o recrutamento de unidades motoras de maior ordem, (i.e., o recrutamento de maiores moto neurônios, responsáveis pela ativação das unidades motoras constituídas por fibras de contração rápida) e a alteração do ângulo de penação em músculos penados, promovendo vantagem mecânica e favorecendo a transmissão de força para os tendões (MAHLFELD et al., 2004).

Dentre as características individuais do sujeito que parecem influenciar a responsividade à PPA temos a maior predominância das fibras musculares do tipo II – glicolíticas e/ou dependentes do sistema ATP/CP e responsáveis pelas contrações rápidas –, sendo que pessoas e músculos com maior expressão desses tipos de fibras são mais responsivas à PPA do que aqueles que manifestam predominantemente fibras do tipo I – oxidativas e responsáveis por contrações lentas. Isso parece ocorrer devido ao fato de as fibras musculares do tipo II possuírem maior atividade de fosforilação de miosinas regulatórias de cadeia leve (HAMADA et al., 2003).

Outra forma de análise que sugere que a responsividade à PPA parece estar associada à distribuição dos tipos de fibra muscular é sustentada pelo fato de homens apresentarem maior expressão de fibras musculares do tipo II do que as mulheres, que, por sua vez, apresentam maior expressão das fibras do tipo I devido a fatores hormonais (STARON et al. 2000; HOSTLER et al., 2001), sendo que alguns estudos apontam maior responsividade à PPA por parte daqueles em relação a estas (RIXON et al., 2007; TSOLAKIS et al., 2011).

Além disso, Chiu et al., (2003) demonstraram que indivíduos que praticam treinamento estruturado e planejado de força são mais responsivos à PPA do que indivíduos que praticam treinamento de força recreacional. Os dados de Rixon et al. (2007) corroboram com essa noção. Especula-se que uma das características desses indivíduos que pode justificar essa maior responsividade à PPA está relacionada às otimizações no recrutamento de unidades motoras contendo fibras musculares do tipo II e IIX, que sofrem maior fosforilação após contrações condicionantes.

Outro fator que pode interferir na responsividade à PPA é o tipo de atividade a ser potencializada, sendo que aquelas que envolvem contrações musculares isotônicas parecem ser mais potencializadas do que atividades que dependem predominantemente de força máxima ou resistência muscular localizada (WILSON et al., 1991; NEWTON et al., 1997).

O principal mecanismo inibitório ao fenômeno da PPA é a concorrência com a fadiga. Quando o volume de atividade de PA é baixo, a PPA é mais dominante que a fadiga e uma potencialização do desempenho (pós/pré) pode ser realizado

imediatamente. À medida que o volume da atividade aumenta, a fadiga torna-se dominante, afetando negativamente o desempenho subsequente. A fadiga se dissipa em uma taxa mais rápida do que a PPA, e uma potencialização do desempenho subsequente pode ser realizada em algum momento durante o período de recuperação.

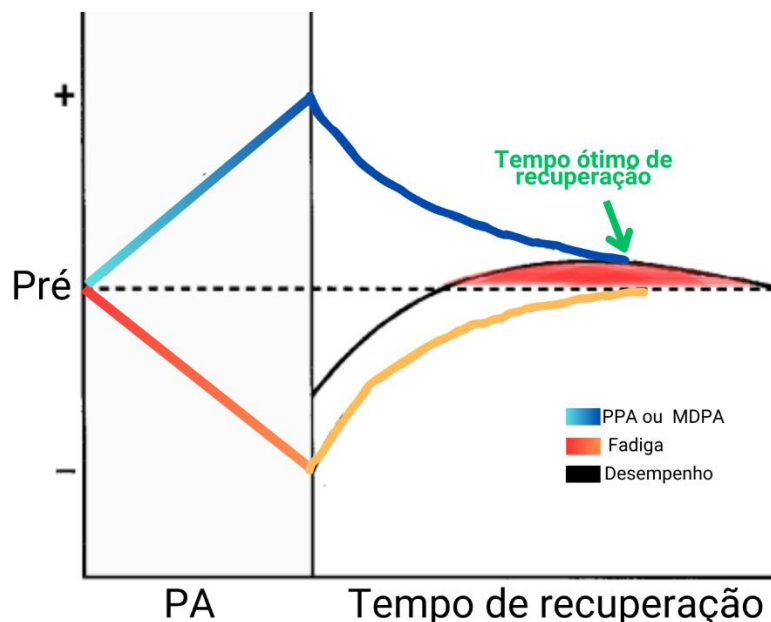


Figura 9. Representação gráfica da relação entre potencialização e fadiga. A linha azul representa os mecanismos fisiológicos que potencializam a capacidade de produção de força, assim podendo ser tanto a PPA quanto MDPA. A linha laranja representa os efeitos deletérios da fadiga. A linha contínua preta representa o desempenho para alguma atividade física que requer força e potência e a área em vermelho representa o intervalo em que o desempenho é potencializado pela PPA ou MDPA em relação ao exercício realizado antes de uma PA (linha tracejada preta) (adaptado de SALE, 2022).

Em resumo, indivíduos treinados, do sexo masculino, que possuem maior expressão de fibras do tipo II e status de treinamento mais avançado parecem ser mais responsivos à PPA, principalmente quando a atividade a ser potencializada depende da produção de força rápida.

4.6 Mecanismo da PPA

O principal mecanismo fisiológico responsável pela PPA é o aumento da fosforilação das cadeias leves da miosina (Figura 10). Após uma atividade de PA, os íons de cálcio (liberados pelo retículo sarcoplasmático) ativam a enzima miosina quinase de cadeia leve (MLCK) após a interação cálcio-calmodulina. A MLCK então

fosforila as cadeias leves da miosina (MRCL), o que desencadeia o deslocamento/rotação da cabeça da miosina em direção ao filamento fino de actina. A remoção ou recaptção de cálcio desencadeia a dissociação da calmodulina e inativação da MLCK. A desfosforilação das MRCL pela fosfatase da miosina de cadeia leve (MCLP) completa o processo de remoção de potenciação. A fosforilação das MRCL e o subsequente deslocamento da cabeça da miosina aumentam a probabilidade de ligação com a actina, e, assim, produção de força. Como a fosforilação é rápida, mas a desfosforilação é relativamente lenta, um período de atividade contrátil (por exemplo, um período de aquecimento) é suficiente para aumentar propriedades contráteis nas contrações subsequentes, mesmo que seja imposto um curto período de descanso (MANNING & STULL, 1979).

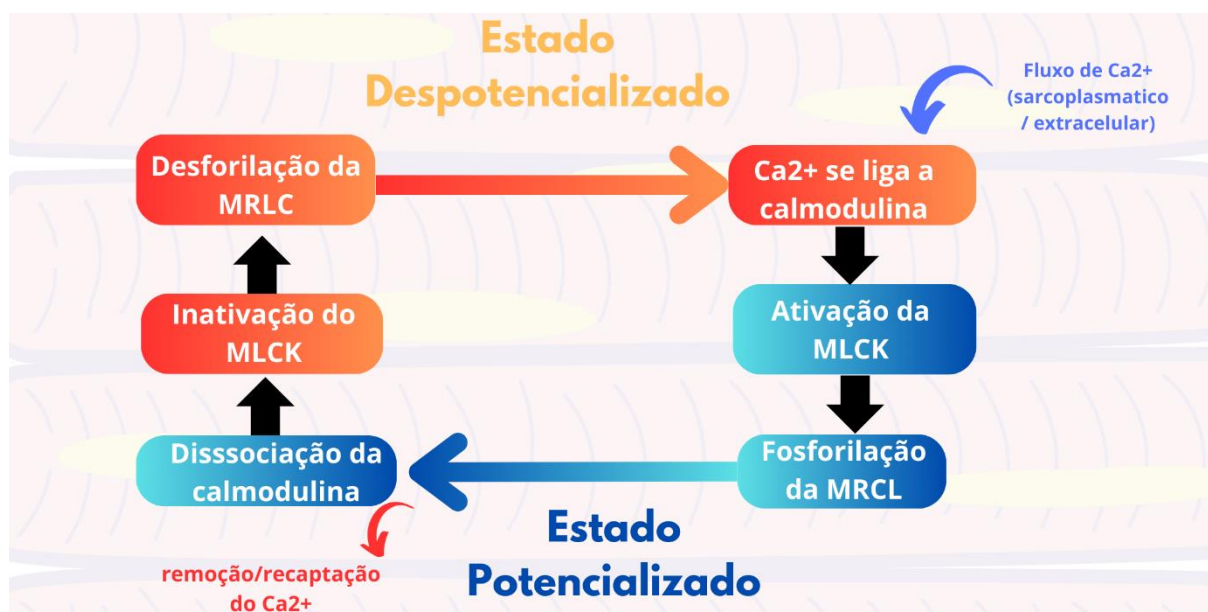


Figura 10. Representação do mecanismo da fosforilação MRCL. (adaptado de BLAZEVIICH & BABAUULT, 2019)

Esse estado de movimentação leva ao aumento do número de formação das pontes cruzadas em um determinado intervalo de tempo, estabelecendo maior aproximação e interação entre as proteínas contráteis (cabeça da miosina e filamentos de actina) e, conseqüentemente, promovendo maior desenvolvimento de tensão e, assim, potencializando a força muscular produzida (RASSIER & MACINTOSH, 2000).

Pelo fato de o processo de fosforilação das cadeias leves de miosina ocorrer rapidamente, a melhoria do desempenho deve ser quase imediata. No entanto, tal processo também é revertido rapidamente devido à remoção do grupo fosfato da

cadeia leve de miosina através da enzima fosfatase de cadeia leve de miosina (HAMADA et al., 2000). Isso pode explicar a diferença de janelas em que os fenômenos de PAP e PAPE ocorrerem.

4.7 Melhoria de Desempenho Pós-Ativação

Durante muito tempo, utilizou-se, de maneira imprecisa, o termo PPA para se referir à MDPA por se considerar a fosforilação das cadeias leves de miosina nos sarcômeros como principal e único mecanismo que justificaria a melhoria no desempenho (BATISTA et al., 2010). Como dito anteriormente, sabe-se que tal fosforilação possui seu pico de ação logo após a realização de protocolos de PA (i.e. 10s - 2 min) representando, assim, uma janela de curta duração que ficaria incoerente como principal mecanismo que contribui para a MDPA, levando em consideração que a janela de tempo em que esta costuma se manifestar é mais prolongada (i.e., 2-20 minutos) (BLAZEVICH; BABAULT, 2019; ZIMMERMANN et al., 2020).

Existem diversos tipos de aplicações da MDPA que podem ser encontradas na literatura, sendo os principais a melhoria crônica e aguda do desempenho em sessões de treinamentos e o aumento agudo do desempenho no dia específico da competição da modalidade. Entre os métodos que utilizam a MDPA na sessão de treinamento para incrementar cronicamente e agudamente o desempenho de atividades que necessitam de potência muscular (MARSHALL et al., 2021) estão o treinamento complexo e o treinamento em contraste. No método de treinamento complexo, realizam-se todas as séries dos exercícios de força, seguidas de todas as séries de potência, em uma mesma sessão de treinamento (DUTHIE et al. 2002). Já no treinamento em contraste, os exercícios de força e potência são alternados série a série em uma mesma sessão de treinamento (LOTURCO et al. 2014). Em resumo, esses métodos consistem na combinação de exercícios executados em alta intensidade (carga absoluta) e exercícios realizados em baixa intensidade e alta velocidade.

Atualmente, a combinação mais utilizada que envolve a MDPA são exercícios resistidos seguidos por exercícios pliométricos. Os métodos visam promover, através desta alternância entre exercícios que exigem alta força muscular e alta velocidade, adaptações na potência muscular a partir da estimulação simultânea dos dois parâmetros da curva de força-velocidade dentro de uma mesma sessão de

treinamento, ao invés de direcionar a sessão para exclusivamente um parâmetro (i.e força ou velocidade), como comumente observado nos métodos tradicionais de treinamento (CORMIER et al., 2022).

Em uma revisão sistemática com meta-análise (MARSHALL et al., 2021), foram avaliados diferentes métodos de treinamento (cluster, complexo, contraste e tradicional) e suas respectivas respostas agudas e crônicas no desempenho de salto, força, potência e velocidade. O método de treinamento complexo apresentou alterações agudas significantes na altura de salto ($ES = 0,27$, $p = 0,003$), pico de força ($ES = 0,20$, $p = 0,19$) e potência ($ES = 0,25$, $p = 0,002$), com efeito positivo considerado pequeno nas três variáveis citadas comparadas aos valores basais, enquanto, cronicamente, foram encontradas mudanças significantes com efeito positivo considerado grande na altura de salto ($ES = 1,10$, $p < 0,01$) e força máxima ($ES = 1,16$, $p < 0,01$), além do tempo de sprint apresentar efeito negativo considerado grande ($ES = -2,10$, $p < 0,01$). Um estudo de Kobal et al. (2017) também investigou os efeitos de diferentes combinações de exercícios de força e potência sobre as capacidades de força, sprint, salto vertical e agilidade em atletas de futebol. Os autores concluíram que diferentes combinações de exercícios (complexo, tradicional e contraste) resultaram em melhorias similares de desempenho de força muscular (48,6, 46,3 e 53%, respectivamente em relação ao basal) habilidades de salto (13, 14,2, 14,7%, respectivamente em relação ao basal), entretanto não houve mudanças significantes na agilidade. O grupo de treinamento tradicional apresentou diminuição na velocidade do sprint em 10 (7%) e 20m (6%). Os autores indicam, ao final do estudo, que os métodos complexo e contraste são mais apropriados para manutenção e/ou maximização do desempenho, principalmente em sprints. Portanto, a MDPA pode ser utilizada em diferentes contextos, para aumentar tanto agudamente quanto cronicamente o desempenho em competições de modalidades que exigem potência.

O tipo de atividade de PA é outro fator importante para induzir o fenômeno da MDPA. Na literatura atual, ela é predominantemente induzida por meio de exercícios baseados na força concêntrica máxima (i. e. porcentagem de 1-RM) (BAUER et al., 2019). Entretanto, existem outras possibilidades que também podem induzir melhorias agudas no desempenho de atividades que exigem potência, são elas os exercícios balísticos, pliometricos, levantamento olímpico, excêntricos, bandas elásticas, restrição de fluxo sanguíneo (oclusão) entre outros (MAROTO-

IZQUIERDO et al. 2020). Como já citado anteriormente, a PPA e a MDPA compartilham de algumas características semelhantes, principalmente em relação aos aspectos individuais associados a uma maior responsividade ao fenômeno, são elas: indivíduos do sexo masculino, com maior concentração de fibras do tipo II, mais fortes e com maior experiência com treinamento de força (que também são mais resistentes a fadiga) parecem ser mais responsivos aos estímulos de PA (BLAZEVIK & BABAUULT, 2019).

Alguns estudos (WILSON et al., 2013; SEITZ & HAFF, 2016; BOULLOSA, 2021) buscam encontrar protocolos ideais para induzir a MDPA. Boullosa (2021), em uma breve revisão sistemática, apresenta algumas estratégias encontradas para induzi-la. Os resultados encontrados no trabalho sugerem que múltiplas séries (i.e 2 a 3 séries) com algumas repetições (i.e <6 repetições) em alta intensidade (i.e 70 - 90% de 1 RM) são mais efetivas para aumentar o desempenho em atividades de potência (como o salto, sprints, arremessos), quando realizadas seguidas por um tempo médio de recuperação (5 a 7 minutos) em indivíduos bem treinados em força e potentes (WILSON et al., 2013; SEITZ & HAFF, 2016).

A janela de ação da MDPA também é objeto de investigação, uma vez que ela é determinante para direcionar o instante em que devem ser realizadas atividades de PA (CARMO et al., 2021). Essa janela parece ser influenciada por dois aspectos fundamentais: 1) a duração total das alterações neuromusculares induzidas pelas atividades condicionantes (i.e., aumento da temperatura muscular, acúmulo de líquido no músculo, aumento do drive neural, etc), e; 2) a resposta da fadiga neuromuscular que ocorre após a realização dessas atividades condicionantes ou de PA, que parece estar relacionada a fatores metabólicos como a diminuição momentânea dos estoques de fosfocreatina e ao acúmulo de metabólitos no músculo esquelético após PA (TILLIN & BISHOP, 2009). Levando em consideração esses dois fatores principais, considera-se que a janela de desempenho ótimo da MDPA ocorre quando os mecanismos potencializadores ergogênicos induzidos pela PA ainda estão em ação e, em contrapartida, a fadiga neuromuscular está majoritariamente superada (BLAZEVIK; BABAUULT, 2019; SALE, 2002).

Existem dois tipos principais de estratégias de recuperação pós-ativação, 1) Intervalo Fixo (IF), em que o profissional define o tempo de recuperação, sendo este

o principal método encontrado na literatura. 2) Intervalo auto-selecionado (IAS) em que o próprio indivíduo/atleta escolhe e define o tempo de recuperação entre a atividade de PA e a realização da atividade/exercício principal com base em uma escala de prontidão. Em um estudo de Carmo et al. (2021) foi avaliado esses dois tipos de intervalo para avaliar o desempenho do salto vertical com contramovimento. Foi encontrado efeitos significantes entre pre e pós teste de SCM sob a condição de IAS ($38,2 \pm 4,6$ cm vs. $40,5 \pm 4,4$ cm; $p = 0,08$) e foi encontrado mudança significativa no pós SCM quando IAS foi comparado ao IF ($40,5 \pm 4,4$ cm vs. $37,7 \pm 5,1$ cm; $p = 0,02$). Esses resultados sugerem uma nova forma interessante e eficiente para auxiliar na indução de MDPA para melhoria da altura de SCM em indivíduos treinados em força. Estudos ainda não publicados de nosso grupo corroboram com os achados de Carmo et al (2021), demonstrando que a melhoria de desempenho observada a partir da utilização do método com IAS é similar à melhoria observada quando se considerar o melhor IF individual em atletas altamente treinados. Entretanto, encontramos que a utilização do IAS é treinamento-dependente, e pessoas não treinadas não têm a capacidade de se beneficiar deste método.

Entende-se, portanto, que ter sucesso na construção de um protocolo de indução de PAPE que de fato proporcione potencialização de desempenho no dia da competição é necessário considerar um cenário complexo, já que, para chegar a um protocolo adequado é necessário ter um conjunto de variáveis em harmonia, exigindo alta precisão sobre o tipo de atividade de PA que será utilizada, o tipo de ação muscular priorizada, em que intensidade, séries e repetições, para quanto tempo de recuperação, para qual modalidade esportiva, qual é o histórico ou nível de treinamento do(a) beneficiário(a), e qual é o sexo e idade desta pessoa. Por isso a responsividade a MDPA se torna altamente individual e de grande variabilidade interpessoal, o que a torna um fenômeno de difícil monitoramento e previsão.

4.8 Mecanismos da MDPA

Embora os estudos com MDPA tenham avançado bastante, os mecanismos fisiológicos responsáveis por sua indução ainda são pouco compreendidos (BLAZEVICH; BABAULT, 2019). Discute-se que atividades de PA podem resultar em processos como aumento da temperatura muscular, aumento do conteúdo de líquido no músculo, aumento do drive neural para o músculo e mecanismo moleculares

(BLAZEVIČH; BABAULT, 2019; TILLIN; BISHOP, 2009). Abaixo, sintetizamos alguns desses prováveis mecanismos por trás da MDPA.

1) A temperatura exerce um papel fundamental nas propriedades contráteis das unidades motoras do músculo esquelético humano. Observa-se que mudanças no desempenho muscular humano estão mais associadas aos picos de aumento da temperatura muscular após poucos minutos da realização de exercícios intensos (GONZALEZ-ALONSO et al., 2000). Por exemplo, em um estudo de Gonzales-Alonso e colaboradores (2000), a realização de 3 minutos de atividade de extensão de joelho (contração dinâmica) aumentaram a temperatura do músculo quadríceps em aproximadamente $0,9^{\circ}\text{C}$, o que é considerado como uma representação próxima do que seria atingido por exercícios intensos de curta duração, que são amplamente utilizados para evocar a MDPA. Ou seja, com base nesses dados, alterações na temperatura muscular de $0,3$ a $0,9^{\circ}\text{C}$ podem ser atingidas com trabalhos musculares intensos e de curta duração, consistentes com aqueles usados em muitos estudos de PAPE.

Aumentos na temperatura muscular estão associados a aumentos na taxa de desenvolvimento de força e na velocidade de encurtamento em fibras de contração rápida e lenta (ELMUBARAK & RANATUNGA, 1984). Isso está coerente pelo fato de a frequência de ciclos das pontes cruzadas serem altamente influenciadas pela ação da enzima miosina ATPase, que é sensível à temperatura (BRENNER & EISENBERG, 1986). É esperado, portanto, que aumentos na temperatura intramuscular induzidos pelo exercício desencadeiem melhorias significativas de desempenho em atividades que exigem altos níveis de produção de potência muscular, como saltos verticais, sprint e ciclismo (BLAZEVIČH; BABAULT, 2019). Por isso, espera-se um aumento na potência muscular de pelo menos 1 a 5%, mas possivelmente até 10%, resultante apenas de um aumento na temperatura muscular. Dado o decorrer do tempo e a magnitude do efeito, é possível que o aumento de temperatura contribua para a melhoria do desempenho após uma breve sessão de exercício de alta intensidade (ou seja, MDPA).

Em estudos que apresentam melhorias moderadas no desempenho (1–5%) (KARAMPATOS et al., 2017) as alterações na temperatura muscular poderiam teoricamente explicar a maior parte da melhoria do desempenho, enquanto em estudos que mostram melhorias de 5–10% (SUCHOMEL et al. 2016; BOGDANIS et

al., 2017), pelo menos parte da mudança pode estar associada a mudanças de temperatura. Com base nesta evidência, a MDPA evocada após uma atividade de PA (que não foi precedida por um aquecimento extenuante) pode ser em grande parte, ou totalmente, explicável por um aumento na temperatura muscular, particularmente quando são observadas taxas rápidas de desenvolvimento de força ou encurtamento muscular.

Este efeito térmico do exercício é uma consequência do aumento do metabolismo muscular (MCGOWAN et al., 2015), que está relacionado a uma ressíntese mais rápida de ATP, principalmente por meio do aumento na taxa de utilização de creatina fosfato e acúmulo de H⁺ (GRAY et al., 2008). Além disso, a atividade muscular intensa também resulta em um aumento na velocidade de despolarização dos sarcolemas das fibras musculares, evidenciado por uma redução no tempo para se atingir o pico de produção de força e um aumento na taxa de desenvolvimento de força. Esses efeitos podem ser explicados por diversos fatores, como aumento na taxa de liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático durante a despolarização da membrana da fibra, hiperpolarização da membrana como resultado do aumento da atividade da bomba de sódio e potássio e ativação mais rápida das fibras musculares (GRAY et al., 2008).

2) Aumentos no fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, na água muscular em resposta ao exercício de alta intensidade (causados pela ativação do sistema nervoso simpático) podem aumentar, hipoteticamente, a sensibilidade do músculo potencializado ao Ca²⁺. Isso causaria um quadro de hipotonicidade dentro das fibras musculares, em grande parte resultante do movimento da água no espaço intracelular durante e após o exercício de alta intensidade (SJOGAARD et al., 1985), sendo que tais mudanças demonstram aumentar substancialmente a força das fibras musculares e sua velocidade de contração (SUGI et al., 2015). Um aumento na sensibilidade ao cálcio das fibras musculares de contração rápida resultante da hipotonicidade intramuscular induz um aumento no número de ligações entre pontes cruzadas assim como a força produzida durante contrações dinâmicas (WANG et al. 2015). Assim considerando que esses processos parecem melhorar a função muscular em ações musculares intensas e que os efeitos destes deslocamentos de fluido miofibrilar em fibras de contração rápida podem aumentar a potência muscular em uma janela de tempo semelhante à da MDPA, é possível considerar que este mecanismo explica parte deste fenômeno (BLAZEIVICH & BABAUULT, 2019).

Existe outro aspecto que também está relacionado com o conteúdo de água intramuscular que pode justificar a maior responsividade à MDPA em fibras musculares de contração rápida: a maior quantidade de aquaporinas neste tipo de fibra. As aquaporinas são proteínas presentes nas membranas celulares que atuam como um canal facilitador para o transporte de água do meio extracelular para o meio intracelular, contribuindo para o fluxo osmótico de água através da membrana celular (ROCHE et al., 2017). Um estudo em modelo animal (FARHAT et al., 2018) demonstrou forte presença de aquaporina-4 em músculos de contração rápida, como extensor longo dos dedos, enquanto para músculos de contração lenta (e. g., sóleo) a aquaporina-4 foi encontrada em pequenas quantidades. Coincidentemente foram observadas, também, alterações na força e concentração de aquaporina-4 nos músculos extensor longo dos dedos e sóleo de dez ratos que foram privados de água durante um período de 96 horas. Os autores indicaram uma redução de força voluntária e tetânica para os ratos que tiveram privação de água quando comparados ao controle, mais especificamente 17% ($p = 0,018$) e 14% ($p = 0,016$), respectivamente. Outro achado interessante foi que os níveis de concentração de aquaporina-4 divergiram entre músculos, e foram encontradas quantidades significativamente maiores em músculo com predominância de fibras de contração rápida (i.e extensor longo dos dedos) ($p = 0,002$) em relação a músculo com predominância de fibras de contração lenta (i.e sóleo). Estes achados sugerem que o conteúdo de água intramuscular pode influenciar a função muscular das fibras do tipo IIx em humanos, contribuindo, assim, como um mecanismo associado à manifestação da MDPA.

3) Outro mecanismo possível associado à MDPA é que o exercício de alta intensidade aumenta o nível de impulso neural para o músculo, aumentando a taxa de desenvolvimento de força e a força muscular máxima (HECKMAN & ENOKA, 2012). Com relação às contrações voluntárias (não PPA), essa melhoria de desempenho após a atividade de PA pode ser consequência de aumentos na excitabilidade de neurônios motores inferiores, que foram identificados após breves contrações musculares e estão associados a aumentos na atividade muscular voluntária. Essa maior excitabilidade foi registrada logo após atividades de PA intensas e permaneceu em níveis acima do basal durante pelo menos vinte minutos (NUZZO et al., 2016).

Após episódios de breves e intensas contrações musculares, foi notado um aumento na amplitude do reflexo H devido à diminuição dos efeitos inibitórios dos neurônios sensoriais aferentes (FOLLAND et al., 2008). Contudo, a duração em que o reflexo H permaneceu em potencialização e depois se reverteu aos níveis de normalidade distinguiu-se em diferentes estudos, nos quais foram encontrados períodos de potencialização entre quatro e onze minutos (FOLLAND et al., 2008). Vale destacar que o período de aumento do impulso neural geralmente é relatado de quatro a onze minutos após a atividade de PA, enquanto a janela de melhoria de desempenho é mais comumente observada de três a vinte minutos após a PA (SEITZ et al., 2016; FOLLAND et al., 2008). Embora essas alterações possam promover um aumento no impulso neural para o músculo, o fato de existir divergência nas janelas de ação em relação à melhoria na função muscular voluntária sugere que outros fatores podem desempenhar uma atribuição mais significativa. Portanto, não está claro qual é o impacto dessas mudanças na magnitude da MDPA, principalmente considerando que aumentos substanciais na amplitude do reflexo H não foi acompanhado por um aumento na função muscular voluntária de extensão do joelho. (FOLLAND et al., 2008)

Mesmo com as sugestões de que as alterações neurais podem ser desencadeadas pela atividade voluntária, há uma falta de evidências que comprovem a hipótese de que o aumento do impulso neural para o músculo contribua para a MDPA (BLAZEVIČ & BABAUŁT, 2019). É relevante lembrar que as investigações do reflexo H após uma atividade de PA foram geralmente realizadas no músculo em repouso, e não durante as contrações musculares. Portanto, tais avaliações carecem de informações sobre os efeitos dos exercícios de breves e de alta intensidade na excitabilidade espinal durante a contração muscular (TUCKER et al., 2005).

4) A MDPA compartilha do mesmo mecanismo molecular do fenômeno de PPA, a fosforilação das cadeias leves da miosina, já detalhada anteriormente.

5. MÉTODO

5.1 Participantes

Participaram do estudo 42 indivíduos adultos do sexo masculino, dos quais 18 (idade: $23,06 \pm 3,19$ anos; massa corporal: $76,59 \pm 13,27$ kg; estatura: $1,73 \pm 0,06$ m; carga de 1RM no agachamento: $126,11 \pm 28,38$ kg; carga de 87% de 1 RM: $109,71 \pm 24,7$ kg) foram alocados para um grupo equilibrado (GE) de acordo com o PFV, 19 (idade: $23,95 \pm 3,61$ anos; massa corporal: $80,86 \pm 11,64$ kg; estatura: $1,75 \pm 0,06$ m; carga de 1RM no agachamento: $141,16 \pm 33,57$ kg; carga de 87% de 1 RM: $122,81 \pm 29,2$ kg) foram alocados para um grupo de desequilíbrio em força (GDF) e 5 (idade: $22,8 \pm 4,15$ anos; massa corporal: $80,12 \pm 12,67$ kg; estatura: $1,75 \pm 0,07$ m; carga de 1RM no agachamento: $144,8 \pm 29,75$ kg; carga de 87% de 1 RM: $125,98 \pm 25,88$ kg) foram alocados para um grupo de desequilíbrio em velocidade (GDV). O racional para dividir os participantes nos grupos está detalhado na secção 5.2.3. De acordo com a classificação de nível de treinamento proposta por McKay et al. (2022), entre os participantes foram encontrados níveis 1 ($n = 22$), 2 ($n = 19$) e 3 ($n = 1$), em uma escala que é pontuada de 0 à 5, como apresentado na tabela 1 e 2. Os indivíduos que fazem parte dessas categorias são considerados atletas recreacionais, atletas treinados/em desenvolvimento e atletas altamente treinados competidores em nível nacional, respectivamente (MCKAY et al., 2022). As modalidades dos participantes estão apresentadas na tabela 3, ao todo foram 20 praticantes de treinamento de força exclusivamente e 22 atletas de modalidades esportivas.

Além disso os participantes possuíam um mínimo de 6 meses contínuos de treinamento com pelo menos três sessões de treino semanal (foi considerado como treino, treinos de força/resistido ou específico do esporte que praticavam). Os participantes não tinham histórico de lesões musculares ou articulares nos membros inferiores nos últimos 6 meses. Foram descartados quaisquer participantes que não se enquadraram no perfil acima descrito.

Todos os participantes foram informados sobre seus direitos enquanto participantes de pesquisa e leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo comitê de ética institucional. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade (CAAE: 59101422.1.0000.5465) e está de acordo com os princípios éticos do Conselho Nacional da Saúde (CNS), resolução 466/12.

Tabela 1. Quadro de Classificação dos Participantes

Nível	Critério de Classificação
Nível 5: Classe Mundial	<ul style="list-style-type: none"> • Medalista mundial ou Olímpico • Detentores de recordes mundiais e atletas que atingem 2% do desempenho do recorde mundial e/ou desempenho de liderança mundial. • Top 3–20 no ranking mundial e/ou top 3–10 em Olimpíadas/Campeonatos Mundiais (ou seja, finalistas em seu evento). • Melhores jogadores de times de ponta (times com medalha ou estão participando das ligas mais competitivas) ou atletas com premiações individuais (ou seja, jogador mais valioso, jogador do ano) • Treinamento máximo, ou quase máximo, dentro das normas esportivas dadas. • Nível de habilidade excepcional alcançado (ou seja, biomecânica de corrida, habilidades com bola, tomada de decisão adquirida componentes).
Nível 4: Elite/Nível Internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Competindo a nível nacional. • Atletas de esportes coletivos competindo em ligas/torneios nacionais e/ou estaduais. • Alcance de aproximadamente 20% do desempenho recorde mundial e/ou desempenho líder mundial • Realiza treinamento estruturado, periodizado e desenvolve para (dentro de 20%) do máximo ou normas quase máximas dentro do esporte dado. • Desenvolveu proficiência nas habilidades necessárias para praticar esportes (ou seja, biomecânica, habilidades com a bola, habilidades adquiridas componentes de tomada de decisão)
Nível 3: Altamente Treinado/Nível Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Competindo a nível nacional. • Atletas de esportes coletivos competindo em ligas/torneios nacionais e/ou estaduais. • Alcance de aproximadamente 20% do desempenho recorde mundial e/ou desempenho líder mundial • Realiza treinamento estruturado, periodizado e desenvolve para (dentro de 20%) do máximo ou normas quase máximas dentro do esporte dado. • Desenvolveu proficiência nas habilidades necessárias para praticar esportes (ou seja, biomecânica, habilidades com a bola, habilidades adquiridas componentes de tomada de decisão)
Nível 2: Treinado/Em desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> • Representação em nível local. • Treinar regularmente pelo menos 3 vezes por semana. • Identificar-se com um esporte específico. • Treinar com o objetivo de competir. • Desenvolvimento limitado de habilidades.
Nível 1: Atletas Recreacionais	<ul style="list-style-type: none"> • Atender às diretrizes mínimas de atividade da Organização Mundial da Saúde: Adultos de 18 a 64 anos completando pelo menos 150 a 300 minutos de atividade de intensidade moderada ou 75 a 150 minutos de atividade em intensidade vigorosa por semana, além de atividades de fortalecimento muscular 2 ou mais dias por semana. (BULL et al., 2020) • Pode participar de vários esportes/formas de atividade.
Nível 0: Sedentário	<ul style="list-style-type: none"> • Não cumpra as diretrizes mínimas de atividade. • Atividade física ocasional e/ou incidental (por exemplo, caminhar para o trabalho, atividades domésticas).

Tabela 2. Composição dos níveis de treinamento nos grupos

	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
GE (n=18)	6	12	0	0	0
GDF (n=19)	14	5	0	0	0
GDV (n=5)	2	2	1	0	0

Tabela 3. Modalidades dos participantes

TF	Volei	Basquete	Handebol
20	2	5	1
Corrida de Rua	Ciclismo	Crossfit	Jiu-Jítsu
1	1	4	1
Powerlifting	Futsal	Rúgbi	
2	3	2	

TF- apenas treinamento de força

5.2 Desenho experimental

O estudo foi realizado ao longo de 7 sessões (as sessões 1, 2 e 3 foram realizadas em ordem fixa, enquanto as sessões 4, 5, 6 e 7 foram realizadas em ordem aleatória). Entre a 1ª e 2ª sessão houve um intervalo de 24 horas. Entre as sessões 2-3 e 3-4 foram respeitados um intervalo de até 72 horas. Foram respeitados intervalos de até 48 horas entres as sessões 4-7. Uma ilustração da descrição temporal das sessões experimentais segue apresentada na Figura 11.

O estudo contou com dois tipos principais de aquecimento: Aquecimento Genérico e o Aquecimento indutor de MDPA/PPA. O protocolo adotado para o aquecimento genérico, tanto nos experimentos com PPA quanto com MDPA, consistiu em cinco minutos de pedalada em intensidade fixa de 25 W em bicicleta ergométrica (Excalibur 3, Lode, Holanda) seguidos pela realização de três séries de três agachamentos livres sem sobrecarga além daquela gerada pelo peso da própria barra (i.e., 10 kg), com 30 segundos de intervalo entre as séries. Os agachamentos foram realizados da seguinte forma: O participante iniciou o movimento em posição ereta com os pés paralelos e em distância acromial. A barra foi posicionada na região cervical, apoiada no músculo trapézio. Os ombros estavam abduzidos e os cotovelos flexionados. Os participantes seguraram a barra com as mãos, com os

dedos flexionados. O tronco permaneceu estável o tempo todo, estabilizando a coluna vertebral tanto na fase concêntrica quanto na fase excêntrica do movimento. A coluna cervical fez uma extensão (descida) e flexão (subida) para que a cabeça se mantivesse sempre na horizontal, com o olhar reto durante todo o movimento. Os participantes, então, agacharam até a profundidade de 90° de flexão do joelho, mantendo os pés paralelos, e retornaram até a posição ereta três vezes.

O protocolo de aquecimento com indução de MDPA/PPA consistiu em contrações dinâmicas no exercício de agachamento livre. Foram realizadas três séries com três repetições no agachamento livre com carga de 87% de 1 RM e intervalo de quatro minutos entre as séries.

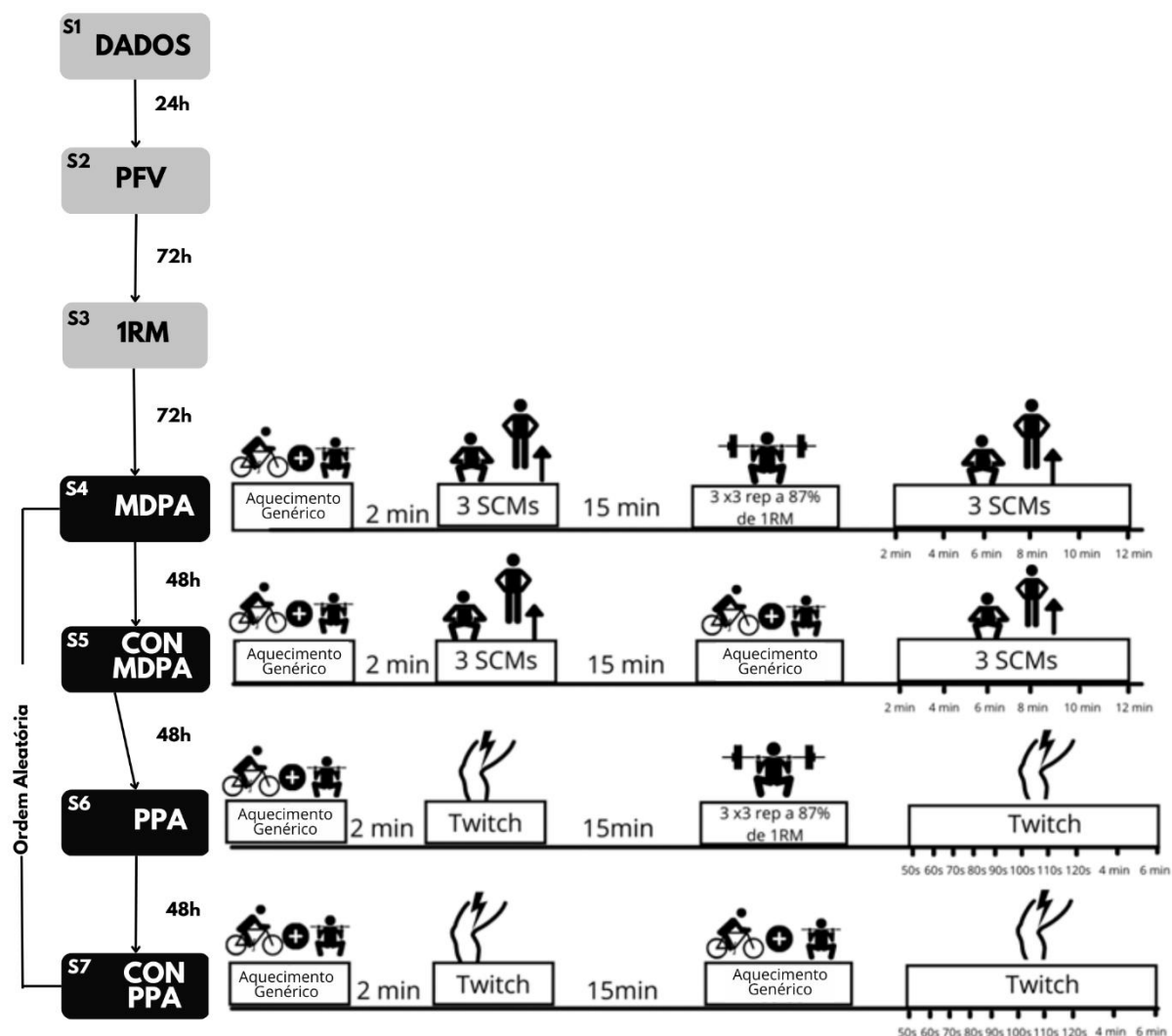


Figura 11. Desenho experimental. Na sessão 1 (S1) foi feita aquisição de dados pessoais, na sessão 2 (S2) determinação do PFV, na sessão 3 (S3) a determinação de 1 RM, na sessão 4 (S4) MDPA, um aquecimento genérico foi realizado com 2 minutos de recuperação

para a avaliação de desempenho de SCM. Foi respeitado, então, um intervalo de 15 minutos de recuperação. Após isso, foram realizadas três séries de 3 repetições de agachamento livre em uma intensidade de 87% de 1 RM. O desempenho em SCM foi reavaliado a cada 2 minutos até o 12º minuto pós-aquecimento. Na sessão 5 (S5) CON MDPA, foi realizado um aquecimento genérico seguido por 2 minutos de recuperação para realizar a avaliação de desempenho de SCM. Foi respeitado, então, um intervalo de 15 minutos de recuperação e, após isso, foi realizado o mesmo aquecimento genérico seguido pela avaliação do desempenho de SCM a cada 2 minutos até o 12º minuto pós-aquecimento. Na sessão 6 (S6) PPA, foi realizado um aquecimento genérico com 2 minutos de recuperação e, em seguida, o torque evocado em repouso foi avaliado, seguido por 15 min de recuperação. Após a recuperação, foram realizadas 3 séries de 3 repetições de agachamento livre a uma intensidade de 87% de 1 RM seguidas pela avaliação do torque evocado em repouso a cada 10 segundos ao longo de uma janela de 120s (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 segundos pós-aquecimento) e ao 4º e 6º minutos pós-aquecimento. Na sessão 7 (S7) CON PPA, foi realizado um aquecimento genérico com 2 minutos de recuperação e, em seguida, o torque evocado em repouso foi avaliado, seguido por 15 min de recuperação. Após a recuperação, o aquecimento genérico foi repetido seguido pela avaliação do torque evocado em repouso a cada 10 segundos ao longo de uma janela de 120s (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 segundos pós-aquecimento) e ao 4º e 6º minutos pós-aquecimento. As sessões S1, S2 e S3 foram realizadas em ordem fixa, enquanto S4, S5, S6 e S7 foram em ordem aleatória.

5.2.1 Sessão 1 - Dados pessoais, preenchimento de questionários, familiarização, sorteio de sessões e determinação da intensidade do torque evocado em repouso.

Na primeira sessão foram coletadas informações pessoais do voluntário (nome, idade e tipo de exercício físico que praticava), medidas antropométricas (massa corporal, comprimento dos membros inferiores, comprimento dos membros inferiores a 90º de flexão do joelho, estatura e dobras cutâneas). O protocolo adotado para a aquisição das dobras cutâneas foi a de Pollock de 7 dobras (subescapular, tricipital, peitoral, subaxilar, supra íliaca, abdominal e coxa).

Nesta mesma sessão foi preenchido o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e a versão curta do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ). Foi realizada a familiarização aos procedimentos que seriam realizados nas demais sessões contidas no experimento (2ª, 3ª, 4ª, 5ª, 6ª e 7ª sessão) e aos tipos de exercícios que realizariam durante essas sessões (salto com e sem contra movimento, agachamento com e sem progressão de carga, agachamento com e sem salto).

Foi realizada ainda a determinação da intensidade do torque evocado em repouso. O torque evocado em repouso foi mensurado em um dinamômetro isocinético (Biodex System 3®, Shirley, NY, USA), nos músculos extensores do joelho do membro dominante dos participantes. Os participantes foram posicionados

no dinamômetro com as costas e coxas apoiadas de modo que as coxas ficassem no plano horizontal, com um ângulo tronco-coxa (quadril) de 100°. As tiras de velcro no meio e proximal da coxa impediram movimentos indesejados. A perna dominante foi fixada a uma alavanca de aço cujo eixo é coincidente com o eixo de rotação da articulação do joelho do participante. A articulação do joelho dos participantes permaneceu flexionada em 60° durante todos os testes. Contrações dos extensores do joelho direito foram evocadas por eletroestimulação percutânea do nervo femoral. Antes de conectar os eletrodos de eletroestimulação, foi realizada a tricotomia (i.e., raspagem dos pelos) e limpeza da pele com álcool isopropílico. Eletrodos autoadesivos foram utilizados para evitar mudanças de posicionamento durante as contrações, as quais podiam afetar as respostas à eletroestimulação.

O cátodo foi posicionado na virilha dos participantes sobre o nervo femoral; o ânodo foi posicionado abaixo da linha glútea. Os estímulos foram pulsos quadrados com tensão de 400 V e duração máxima de 200 ms, aplicados a partir de um estimulador de corrente constante e tensão variável (DSAH7, Digitimer, Welwyn Garden City, UK). Para determinar a intensidade ideal de eletroestimulação, foi realizada uma série de estímulos únicos de intensidade crescente a cada 5 segundos (incremento gradual de 20 mA), iniciando em 100 mA e progredindo até 800 mA. Ao final da série de estímulos, os valores de torque resultantes das estimulações foram analisados para identificação de um platô. Foi considerado platô o maior valor de torque não crescente obtido em 3 estimulações consecutivas (ZIMMERMANN et al., 2021). A corrente correspondente ao início do platô foi então aumentada em 30% para garantir que a eletroestimulação seja supra máxima. Essa intensidade de eletroestimulação ideal quantificada após o teste foi mantida constante para o mesmo sujeito durante todo o resto de participação do estudo. Os participantes foram instruídos a relaxar totalmente a musculatura da coxa durante as sessões com eletroestimulação. Em todas as sessões experimentais, os participantes ficavam em repouso, posicionados no dinamômetro, durante os 10 minutos que antecederem a primeira eletroestimulação. Os estímulos elétricos e o torque foram registrados a 1.000 Hz por um módulo de aquisição de sinais (Miotool, Miotec, Porto Alegre, RS, Brasil) e sincronizados por meio de um software de análise de dados MatLab® (MathWorks Inc., Natick, MA, USA).

Ao final dessa primeira sessão foi feito um sorteio da ordem de realização das sessões de intervenção (que se refere às sessões experimental MDPA, experimental

PPA, controle PPA e controle MDPA). Dessa forma, cada voluntário realizou um sorteio que definiu de forma aleatória e contrabalanceada sua própria ordem de execução das intervenções (experimental MDPA, experimental PPA, controle PPA e controle MDPA) pelas quais realizaram na 4^a, 5^a, 6^a e 7^a sessão.

5.2.2 Sessão 2 - Determinação do Perfil Força-Velocidade (PFV)

Antes da determinação do PFV, foram coletados a massa corporal (kg), estatura (m), e duas medidas de comprimento dos membros inferiores dos participantes: 1) na posição totalmente estendida (m); e 2) com os joelhos flexionados em 90 ° (m). A determinação do PFV foi realizada através da filmagem de um smartphone (I Phone SE, Apple, E.U.A) e analisadas em um aplicativo (MyJump2, Carlos Balsalobre, Espanha) previamente validado.

Inicialmente foi realizado um aquecimento que consistia em cinco minutos de pedalada em intensidade fixa de 25 W em bicicleta ergométrica (Excalibur 3, Lode, Holanda) seguidos pela realização de três séries de 3 saltos sem contra movimento com 3 progressões de carga (0,10,15% do peso corporal). O PFV foi determinado a partir de saltos sem contra movimento (SJ, do inglês *squat jump*), que foram iniciados com os participantes em posição ereta ou ortostática com um cabo de vassoura nas costas. O cabo foi trocado por uma barra de 10kg a partir da primeira progressão de carga e se manteve a mesma durante todas as tentativas e contou com acolchoamento para melhor acomodação no trapézio dos participantes. Os participantes então agacharam até uma profundidade equivalente a 90° de flexão dos joelhos e nela permaneceram por 2 segundos para, em seguida, saltar verticalmente tão alto quanto conseguiam. Este procedimento foi repetido duas vezes respeitando intervalos de 30 segundos entre saltos com a mesma carga. A tentativa é válida se o participante não movimentasse o tronco antes da impulsão, não realizasse nenhum contra movimento descendente, na fase de decolagem e aterrissagem se mantivessem na mesma posição (com extensão total do membro inferior, ou seja, sem flexão do joelho e pés em flexão plantar completa) e saltasse no mínimo 10 cm (SAMOZINO et al., 2008). Caso o valor da altura do salto divergisse entre as tentativas em mais de 5%, uma 3^a tentativa foi realizada. Uma vez completadas as duas tentativas, os participantes repousaram sentados por três minutos e, em seguida, voltaram a realizar SJ, porém com cargas maiores. A carga do SJ foi progredida em 20% da massa corporal de cada participante a cada bloco de

tentativas. Foi considerado o maior valor de altura de salto entre as duas tentativas (para cada progressão de carga) para análises do PFV (SAMOZINO et al., 2012; SAMOZINO et al., 2014). Foram realizados cinco blocos de SJ com cargas progressivas para se determinar o PFV com precisão. As cargas eram relativas à porcentagem da massa corporal, havendo uma distribuição uniforme de carga adicional. Dessa forma, as cargas relativas eram o próprio peso corporal (somado à barra) (PC), 120% PC, 140% PC, 160% PC e 180% PC). O procedimento terminava ao final dos cinco blocos de SJ ou 4 blocos em situações excepcionais (se o $r^2 \geq 0,9$ e no quinto bloco saltasse menos de 10cm) (MORIN & SAMOZINO, 2016).

Durante cada tentativa de salto, foi calculada a força vertical de reação do solo média (FVRS_m, em N) (Equação 9) desenvolvida pelos membros inferiores, a velocidade vertical média do centro de massa (CM) (V_m, em m.s⁻¹) (Equação 10) e potência média de saída (P_m, em W) (Equação 11) usando a metodologia proposta e validada por Samozino et al. (2012):

$$FVRS_m = m \cdot g \left(\frac{h}{h_{po}} + 1 \right) \quad (9)$$

$$V_m = \sqrt{\frac{gh}{2}} \quad (10)$$

$$P_m = m \cdot g \left(\frac{h}{h_{po}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{gh}{2}} \quad (11)$$

Em que m é a massa total (soma da massa corporal + carga adicional, em kg), g a aceleração gravitacional (9,81 m.s⁻²), h_{po} a distância vertical percorrida pelo CM durante a fase de impulsão, correspondente ao alcance da extensão de membros inferiores (em m) e h a altura do salto (em m). O h_{po} foi determinado como a diferença entre o comprimento do membro inferior estendido com máxima flexão plantar (distância do trocânter maior do fêmur à extremidade distal do primeiro metatarso) e a distância vertical entre o trocânter maior do fêmur e o solo na posição inicial (joelhos flexionados em 90°). h foi obtido a partir do tempo de voo, através da filmagem com um smartphone (I Phone SE, Apple, E.U.A) e calculado em um aplicativo (MyJump2, Carlos Balsalobre, Espanha) (Equação 12). Para as análises, os valores de força foram normalizados pela massa corporal do participante (em N.kg⁻¹).

$$h = t^2 \cdot 1,22625 \quad (12)$$

Em que h é a altura do salto e t é o tempo de voo (BOSCO et al., 1983). A análise de altura de saltos a partir deste aplicativo já foi previamente proposta e validada (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et al., 2014; BALSALOBREFERNÁNDEZ et al., 2015).

A partir dos valores FVRS e V_m , as relações força-velocidade lineares individuais foram determinadas por regressões lineares de mínimos quadrados (SAMOZINO et al., 2012; SAMOZINO et al., 2014) para obter para cada sujeito: 1) o PFV “real” dos membros inferiores normalizado pela a massa corporal, sendo representado pela inclinação da relação linear e da curva força-velocidade (do inglês “Slope” ou S_{fv} em $N.s.kg^{-1}.m^{-1}$) (Equação 13) e 2) Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$, em $W.kg^{-1}$) (Equação 7)

$$S_{FV} = -\frac{\bar{F}_0}{\bar{V}_0} \quad (13)$$

Em que F_0 é a força máxima teórica que os membros inferiores podem produzir em velocidade nula (intercepto extrapolado com eixo vertical de força, em $N.kg^{-1}$) e V_0 é a velocidade máxima teórica na qual os membros inferiores podem se estender sob carga zero (intercepto extrapolado com o eixo horizontal da velocidade, em $m.s^{-1}$) (MORIN et.al, 2019). Ou seja, os saltos com sobrecarga forneceram um valor teórico de produção de força máxima com base nas cargas usadas. Da mesma forma, a produção teórica da velocidade máxima também foi calculada com base no tempo do atleta no ar durante os saltos. Tanto a força máxima teórica quanto a velocidade máxima teórica foram determinadas por meio de regressão linear (Equação 6) (MORIN & SAMOZINO, 2016). Com essas informações, a inclinação do PFV 'real' foi calculada com base nos saltos carregados e, a partir disso, uma inclinação do PFV ideal foi calculada e representada graficamente (sendo força no eixo vertical e velocidade no eixo horizontal). O PFV ideal para maximizar o desempenho do salto para cada sujeito (S_{fvopt} , normalizado para massa corporal, em $N.s.kg^{-1}.m^{-1}$) (Equação 14), assim como a altura máxima de salto hipotética ($h_{m\acute{a}x}$, em m) que cada sujeito pode alcançar se apresentasse um PFV ideal (Equação 16) foi calculado a partir dos valores de $P_{m\acute{a}x}$ e h_{po} , usando as seguintes equações derivadas previamente validadas (SAMOZINO et al., 2008):

$$S_{FVopt} = -\frac{g^2}{3P_{m\acute{a}x}} - \frac{-(g^4)h_{po}^4 - 12gh_{po}^3P_{m\acute{a}x}^2}{3h_{po}^2P_{m\acute{a}x}Z(P_{m\acute{a}x},h_{po})} + \frac{Z(P_{m\acute{a}x},h_{po})}{3h_{po}^2P_{m\acute{a}x}} \quad (14)$$

Em que S_{fvopt} é a inclinação ideal (PFV ideal), $P_{m\acute{a}x}$ é a potência máxima de saída, g a aceleração gravitacional, h_{po} é a distância vertical de impulsão (i.e., diferença entre a altura do quadril em relação ao solo na posição ortostática e de agachamento, com 90° de flexão dos joelhos) e Z ($P_{m\acute{a}x}$, h_{po}) é calculado a partir da seguinte equação:

$$Z(P_{m\acute{a}x}, h_{po}) = \left(-(g^6)h_{po}^6 - 18g^3h_{po}^5P_{m\acute{a}x}^2 - 54h_{po}^4P_{m\acute{a}x}^4 + 6\sqrt{3}\sqrt{2g^3h_{po}^9P_{m\acute{a}x}^6 + 27h_{po}^8P_{m\acute{a}x}^8} \right)^{1/3} \quad (15)$$

$$h_{m\acute{a}x} = \frac{h_{po}^2}{2g} \left(\sqrt{\frac{S_{fvopt}^2}{4} + \frac{2}{h_{po}}(2\sqrt{-P_{m\acute{a}x}S_{fvopt} - g})} + \frac{S_{fvopt}}{2} \right)^2 \quad (16)$$

Em que $h_{m\acute{a}x}$ é a altura máxima teórica, S_{fvopt} é a inclinação ótima (PFV ideal), h_{po} é a distância vertical de impulsão (i.e., diferença entre a altura do quadril em relação ao solo na posição ortostática e de agachamento, com 90° de flexão dos joelhos), g a aceleração gravitacional e $P_{m\acute{a}x}$ é a potência máxima de saída.

A distância e direção entre a inclinação da PFV 'real' e ideal é chamada de FV_{imb} . A equação usada para calcular o desequilíbrio entre força e velocidade (FV_{imb}) (%) com base em modelos de regressão linear do PFV real e ideal segue demonstrada abaixo (SAMOZINO et al., 2012; SAMOZINO et al., 2014):

$$Fv_{imb} = 100. \left(1 - \frac{VF_{real}}{VF_{ideal}} \right) \quad (17)$$

O valor de FV_{imb} (%) define em qual grupo o participante pertence. Se essa inclinação acusar perfil desfavorável em velocidade ($FV_{imb} > 110\%$), ele foi designado ao grupo desequilibrado, assim como se a inclinação acusar perfil desfavorecido em força ($FV_{imb} < 90\%$), o participante também foi designado ao grupo desequilibrado. O participante cuja inclinação for considerada otimizada ($FV_{imb} = 100\% \pm 10\%$), foi designado ao grupo equilibrado (Figura 12).

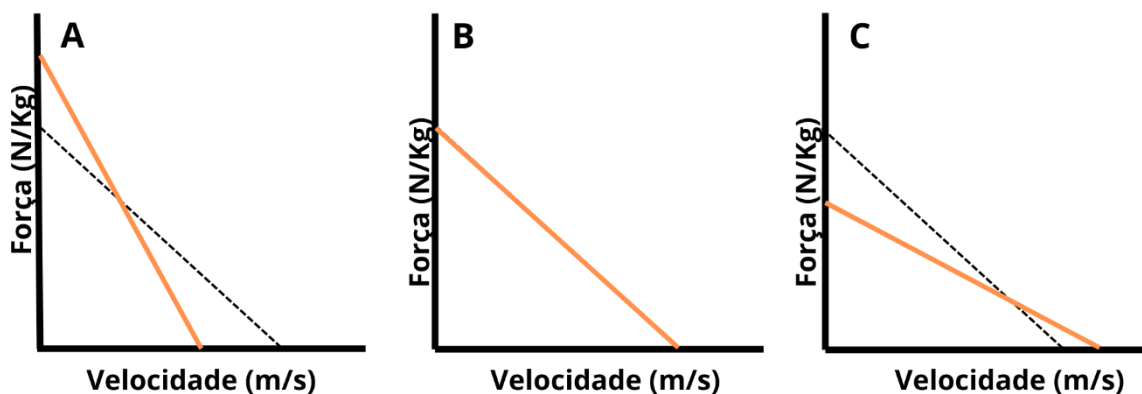


Figura 12. Representação gráfica dos PFV, linha laranja representa PFV real e a linha tracejada preta representa o PFV “ideal” após a realização do teste. **A.** Desfavorável em velocidade ($FV_{imb} > 110\%$). **B.** Equilibrado ($FV_{imb} = 100\% \pm 10\%$). **C.** Desfavorável em força ($FV_{imb} < 90\%$)

O método de Samozino et al. (2008) para cálculo do PFV já foi implementado e está integrado as análises do aplicativo MyJump2 (Carlos Balsalobre, Espanha) (MORIN et al., 2019).

5.2.3 Sessão 3 - Determinação da carga de 1 RM no agachamento

Para a determinação da carga individual de 1RM no exercício de agachamento livre, os participantes foram instruídos a realizar cada repetição do exercício até 90° de flexão do joelho. Os examinadores fizeram uma estimativa individualizada da carga máxima inicial com a qual acreditaram que os participantes conseguiriam realizar 1 RM no agachamento livre. Ao concluir uma repetição com sucesso, foram respeitados 5 minutos de descanso e, em seguida, a carga foi aumentada para nova tentativa. Se os participantes não conseguissem realizar uma repetição com a nova carga, a repetição com carga anterior realizada com sucesso foi definida como a carga de 1RM. Os participantes que não conseguiram realizar uma repetição com a primeira carga estimada, foi respeitado um intervalo de cinco minutos de descanso seguido por uma nova tentativa com uma carga menor. Foi estabelecido um teto de cinco tentativas de determinação de carga de 1RM na mesma sessão. Nos casos em que não foi possível determinar a carga de 1RM a partir das cinco tentativas, os participantes descansaram por pelo menos dois dias e retornaram ao laboratório para mais cinco tentativas até que a carga de 1RM fosse determinada com sucesso (MITCHELL & SALE, 2011; MANTOVANI et al., 2021; SOUZA et al., 2022).

5.2.4 Sessão 4 – Experimental MDPA

A sessão “EXP MDPA” consiste em um aquecimento genérico inicial, seguido por 2 minutos de descanso, seguidos pela avaliação do desempenho de SCM (pré). Após isso, foram respeitados mais 15 minutos de recuperação, seguidos pela realização de 3 séries de 3 repetições a 87% de 1 RM no exercício do agachamento (KILDUFF et al., 2008). O desempenho de SCM foi reavaliado a cada 2 minutos ao

longo de 12 minutos (2, 4, 6, 8, 10 e 12 minutos) após a realização do segundo aquecimento (MITCHELL & SALE, 2011).

A avaliação do desempenho de SCM foi realizada a partir de três saltos realizados em sequência, em uma janela de 10 segundos (~4 segundos de intervalo entre saltos). Os 3 SCM foram realizados sobre o solo, sendo que cada SCM começou com os participantes em posição ortostática. Para realizar os SCM, os participantes agacharam até uma profundidade equivalente a aproximadamente 90° de flexão dos joelhos e, imediatamente, saltaram verticalmente tão alto quanto conseguiam. Com o intuito de excluir a influência da oscilação do braço na altura do salto, os participantes mantiveram seus membros superiores imóveis, com as mãos no quadril, durante todos os saltos.

A avaliação da capacidade de produção de potência muscular dos indivíduos foi mensurada a partir da altura dos saltos (distância máxima entre o pé e o solo durante o salto). Para determinar a altura máxima de vôo, os pés dos voluntários foram filmados por um smartphone com frequência de captura de 240 quadros por segundo (I phone SE, Apple, E.U.A). A filmagem dos saltos foi analisada em um aplicativo de smartphone (MyJump2, Carlos Balsalobre, Espanha), em que foram determinados o momento em que os pés dos participantes deixaram o solo (i.e., momento de decolagem) assim como o momento em que eles retomaram contato com o solo (i.e., momento de aterrissagem). A partir desses momentos, o aplicativo calculou a altura de salto (h) (Equação 12), $FVRS_m$ (Equação 9), V_m (Equação 10), P_m (Equação 11), $P_{máx}$ (Equação 7), S_{fv} (Equação 13), S_{fvopt} (Equação 15) e FV_{imb} (Equação 18) (SAMOZINO et al., 2008; SAMOZINO et al., 2012; SAMOZINO et al., 2014; MORIN et al., 2019; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et al., 2014; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et al., 2015).

5.2.5 Sessão 5 - Controle MDPA

A sessão “Controle MDPA” consistiu em um aquecimento genérico inicial, seguido por 2 minutos de descanso, seguidos pela avaliação do desempenho de SCM (pré). Após isso, foram respeitados mais 15 minutos de recuperação, seguidos pela realização do mesmo aquecimento genérico. O desempenho de SCM foi reavaliado a cada 2 minutos ao longo de 12 minutos (2, 4, 6, 8, 10 e 12 minutos) após a realização do segundo aquecimento genérico.

5.2.6 Sessão 6 - Experimental PPA

Na sessão “experimental PPA”, foi realizado um aquecimento genérico (idêntico ao utilizado na sessão controle MDPA) seguido por 2 minutos de recuperação para que, então, fosse feita a avaliação do torque evocado em repouso (pré), determinado em um dinamômetro isocinético. Após isso, foram respeitados 15 minutos de recuperação, seguidos da realização de um aquecimento por meio de 3 séries de 3 repetições com carga de 87% de 1 RM no agachamento livre. O torque evocado em repouso foi reavaliado a cada 10 segundos ao longo de uma janela de 120s (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 segundos após o aquecimento genérico) assim como ao 4º e 6º minutos após o aquecimento padrão.

A avaliação do torque em repouso foi feita no dinamômetro isocinético (Biodex System 3®, Shirley, NY, USA) através da realização de um estímulo elétrico simples (com pulsos quadrados com tensão de 400 V e duração máxima de 200 ms, aplicados a partir de um estimulador de corrente constante e tensão variável, DSAH7, Digitimer, Welwyn Garden City, UK) com intensidade fixa determinada na 1ª sessão.

5.2.7 Sessão 7 - Controle PPA

A sessão “controle PPA” seguiu o mesmo protocolo da sessão “experimental PPA”, porém, ao invés de realizar um aquecimento por meio de 3 séries de 3 repetições com carga de 87% de 1 RM no agachamento livre, os participantes realizaram o mesmo aquecimento genérico (idêntico ao aquecimento genérico inicial) pela segunda vez.

5.3 Análise estatística

Foi utilizado o software IBM SPSS Statistics (Version 27) para realizar o tratamento estatístico. A análise desse estudo envolveu desenho fatorial dividido em três fatores: 1) fator tempo, divididos em 7 níveis (Pré, 2, 4, 6, 8, 10, 12min pós) no caso de análises de MDPA e 11 níveis (Pré, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 240 e 360s) no caso de análises de PPA; 2) Fator condição, divididos em 2 níveis (CON e EXP); 3) Grupo, divididos em 3 níveis (GE, GDF e GDV). Os pressupostos de normalidade, homogeneidade dos dados foram testados e confirmados a partir dos testes de Shapiro-Wilk e Levene ($p > 0,05$), respectivamente. Entretanto os dados se

mostraram não esféricos no teste de Mauchly ($p < 0,001$), neste caso foi utilizado a correção de Greenhouse-Geisser. Após confirmadas a distribuição gaussiana, a normalidade e a correção da esfericidade dos dados, eles foram analisados por meio de testes paramétricos. Diferenças no desempenho de SCM entre momentos intra-sessão (pré vs. 2 vs. 4 vs. 6 vs. 8 vs. 10 vs. 12 min), entre condições (COM MDPA vs. EXP MDPA), e entre grupos (GE vs. GDF vs. GDV) foram analisadas por meio de ANOVAs three-way de modelo misto para medidas repetidas (tempo), não repetidas (entre condições), e não repetidas (entre grupos). Quando constatados efeitos significantes das ANOVAs, o teste post hoc de Tukey foi utilizado para identificar diferenças significantes entre condições e análises par-a-par foram conduzidas para discriminar diferenças significantes entre tempos, sessões e grupos específicos.

Os dados antropométricos, medidas individuais, medidas de resposta a MDPA e PPA entre os grupos GE, GDF e GDV foram analisados par a par a partir de test-t com medidas não repetidas.

Nas sessões EXP e CON MDPA, aumentos no desempenho de SCM foram considerados significativos em análise individual quando apresentaram uma diferença maior do que 2x a mínima mudança detectável (MMD) em relação à condição pré-atividade de PA. A MMD foi calculada considerando um tamanho do efeito pequeno de 0,2, e multiplicando-o pelo desvio padrão da variável entre os participantes do mesmo de grupo. Este método foi descrito previamente por Hopkins et al. (2009) e aplicado recentemente em contexto similar por Carmo et al. (2021). Nas sessões EXP e CON PPA, aumentos no desempenho de pico de torque evocado em repouso foram considerados significativos em análise individual com a mesma metodologia explicada anteriormente.

Para todas as diferenças significantes observadas no presente estudo, foi calculado o tamanho do efeito como d de Cohen a partir da divisão da diferença entre as médias pelo desvio padrão agrupado (COHEN, 1988). O tamanho do efeito foi considerado como trivial, pequeno, médio ou grande quando o valor de d foi $< 0,2$, $0,2-0,4$, $0,4-0,8$ e $> 0,8$, respectivamente (COHEN, 1988). O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Os valores obtidos foram expressos como média \pm desvio padrão.

6. RESULTADOS

6.1 Antropometria e Caracterização da Amostra

Os dados referentes a parâmetros antropométricos (idade, massa, estatura, comprimento de membros inferiores, comprimento de membros inferiores a 90° de flexão de joelho, IMC, % gordura, massa de gordura corporal e massa magra), experiência com o treinamento (IPAQ, Nível de treinamento, treino específico semanal, treino de força semanal e quantidade total de sessões de treino semanal), cargas relativas a 1RM (absoluto, 87% de 1 Rm e peso carregado absoluto pela massa corporal) e intensidade do estímulo elétrico seguem apresentados, de acordo com os grupos, na Tabela 4. Diferenças significantes foram detectadas somente entre os grupos GE e GDF para o nível de treinamento ($p=0,013$, $ES=0,87$).

Tabela 4. Características dos grupos

	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (m)	Comprimento do MMII (m)	Comprimento do MMII a 90° de flexão de joelho (m)	1 RM (kg)	87% de 1RM (kg)	RM normalizado (kg/kg)	Intensidade do Estímulo elétrico (mA)
GE (n=18)	23,06 ± 3,19	76,59 ± 13,27	1,73 ± 0,06	1,09 ± 0,07	0,71 ± 0,09	126,11 ± 28,38	109,71 ± 24,7	1,65 ± 0,21	758,67 ± 108,96
GDF (n=19)	23,95 ± 3,61	80,86 ± 11,64	1,75 ± 0,06	1,10 ± 0,06	0,76 ± 0,06	141,16 ± 33,57	122,81 ± 29,2	1,75 ± 0,36	756,53 ± 123,08
GDV (n=5)	22,8 ± 4,15	80,12 ± 12,67	1,75 ± 0,07	1,09 ± 0,03	0,7 ± 0,04	144,8 ± 29,75	125,98 ± 25,88	1,86 ± 0,59	744,8 ± 163,3

	IMC	% gordura corporal	Massa de Gordural corporal (kg)	Massa de Magra (kg)	Nível de Atividade Física - IPAQ (Nível)	Nível de Treinamento (Nível)	Treinamento específico semanal (n°treinos/semana)	Treinamento de força semanal (n°treinos/semana)	N° de sessões totais de treino por semana
GE (n=18)	25,35 ± 4,4	11,26 ± 4,82	9,07 ± 5,91	67,52 ± 8,54	2,72 ± 0,46	1,66 ± 0,4 *	2,38 ± 2,22	2,88 ± 2,24	5,27 ± 1,44
GDF (n=19)	26,39 ± 2,82	10,85 ± 4,14	9,01 ± 4,59	71,86 ± 9,13	2,68 ± 0,48	1,26 ± 0,45	1,16 ± 1,83	3,68 ± 2,06	4,84 ± 1,3
GDV (n=5)	26,08 ± 2,21	12,24 ± 8,01	10,59 ± 9,04	69,53 ± 4,5	2,8 ± 0,45	1,8 ± 0,84	0,60 ± 1,34	4 ± 2,35	4,6 ± 1,14

* $p < 0,05$ em relação ao GDF

6.2 Responsividade Individual à MDPA

Com o intuito de ilustrar a responsividade à MDPA, a Figura 13 apresenta as alterações observadas na altura de SCM para cada participante nos diferentes tempos na sessão MDPA, discriminando o grupo ao qual cada participante ilustrado pertence.

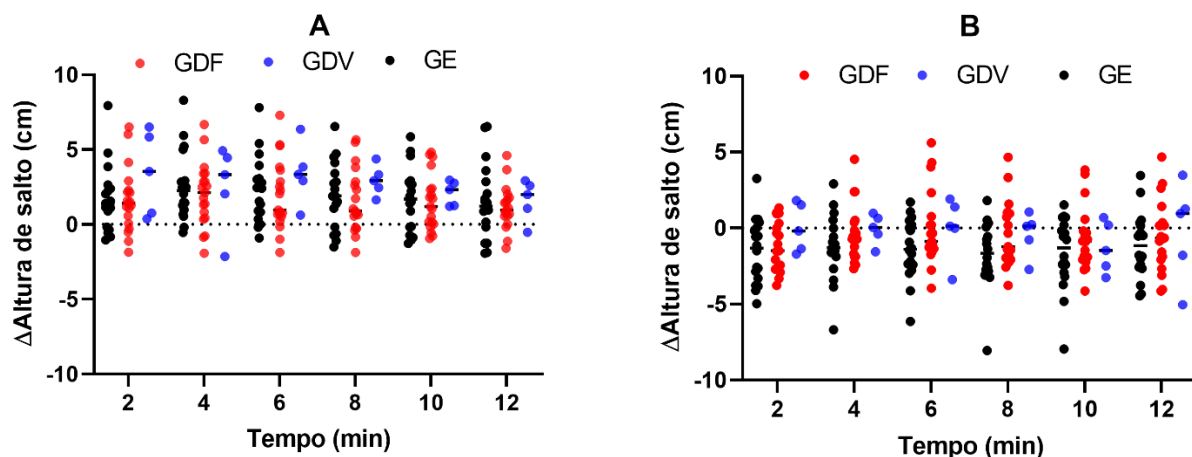


Figura 13. Gráficos de responsividade individual à MDPA nas sessões de MDPA. Cada ponto representa um grupo (vermelho – GDF, azul - GDV, preto - GE) e a alteração (i.e., Δ) na altura de salto com contra movimento calculada a partir da subtração do valor de altura de salto registrado na condição pré-atividade de PA do valor de altura de salto registrado nos tempos pós-atividade de PA. **A.** diferença na altura de SCM de cada participante em cada instante durante sessão experimental. **B.** diferença na altura de SCM de cada participante em cada instante durante sessão controle.

6.3 Responsividade Individual a PPA

Com o intuito de ilustrar a responsividade à PPA, a Figura 14 apresentam as alterações observadas no pico de torque evocado em repouso para cada participante nos diferentes tempos na sessão PPA, discriminando o grupo ao qual cada participante pertence.

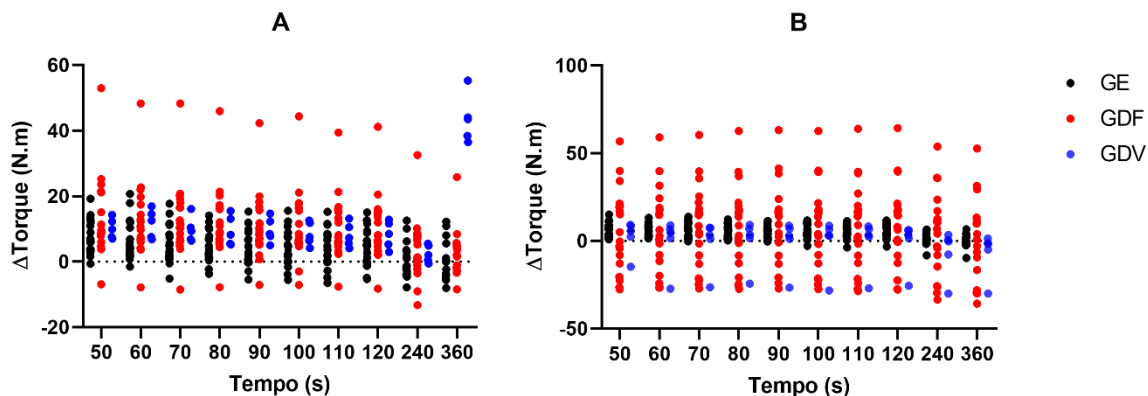


Figura 14. Gráficos de responsividade individual à PPA nas sessões de PPA. Cada ponto representa um grupo (vermelho – GDF, azul - GDV, preto - GE), e sua alteração (i.e., Δ) no pico de torque em repouso calculado a partir da subtração do valor do pico de torque em repouso na condição pré-atividade de PA do valor do pico de torque em repouso registrado nos tempos pós-atividade de PA. **A.** diferença no pico de torque em repouso de cada participante em cada instante durante sessão experimental. **B.** diferença no pico de torque em repouso de cada participante em cada instante durante sessão controle.

6.4 Responsividade a MDPA

Dados individuais acerca de responsividade à MDPA durante a sessão MDPA e CON MDPA seguem apresentados na Tabela 5. Em relação à sessão MDPA, treze dos dezoito participantes (i.e., 72,22%) incluídos no grupo GE demonstraram responsividade à MDPA (detectada a partir da análise de MMD, em que se estabeleceu que aumentos na altura de salto maiores do que 1,85 cm seriam considerados como MDPA), enquanto doze de dezenove (i.e., 63,15 %) incluídos no grupo de GDF também apresentaram MDPA (i.e., aumento de, pelo menos, 2,11 cm, de acordo com o método de MMD). Nos incluídos do grupo GDV cinco dos cinco (i.e., 100 %) também apresentaram MDPA (i.e., aumento de, pelo menos, 2,13 cm, de acordo com o método de MMD).

Em relação à sessão CON MDPA, dois dos dezoito participantes (i.e., 11,11%) incluídos no grupo GE demonstraram aumentos na altura de salto (detectada a partir da análise de MMD, em que se estabeleceu que aumentos na altura de salto maiores do que 1,58 cm seriam considerados como MDPA), sendo também o caso para dois dos dezenove (i.e., 27,77%) incluídos no grupo de GDF (i.e., aumento de, pelo menos, 1,73 cm, de acordo com o método de MMD). Nos incluídos do grupo GDV um dos cinco (i.e., 20 %) também apresentaram aumentos na altura de salto durante a sessão CON MDPA (i.e., aumento de, pelo menos, 1,82 cm, de acordo com o método de MMD).

Tabela 5. Valores individuais, médios e descritivos de parâmetros temporais relacionados à responsividade e a janela de MDPA

GE	Apresentou MDPA?		Início da janela MDPA (s)		Final da janela de MDPA (s)		Amplitude (s)		Pico de MDPA (s)	
	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA
1	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Sim	Sim	240	120	360	720	120	480	240	720
3	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Não	Sim	-	240	-	720	-	360	-	240
5	Sim	Não	240	-	240	-	0	-	240	-
6	Sim	Não	240	-	720	-	480	-	240	-
7	Sim	Não	120	-	480	-	360	-	360	-
8	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Sim	Não	120	-	720	-	600	-	240	-
10	Sim	Não	240	-	600	-	360	-	240	-
11	Sim	Não	120	-	720	-	600	-	360	-
12	Sim	Não	240	-	240	-	0	-	240	-
13	Sim	Não	240	-	720	-	480	-	480	-
14	Sim	Não	240	-	600	-	360	-	600	-
15	Sim	Não	120	-	720	-	600	-	480	-
16	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Sim	Não	240	-	240	-	0	-	240	-
18	Sim	Não	120	-	720	-	600	-	720	-
%Sim	72,22%#&	11,11%								
Média±DP			193,8 ± 60,76*	180 ± 84,9*	544,61 ± 205,61	720 ± 0	350,8 ± 242,3	420 ± 84,85	360 ± 162,48	480 ± 339,41

GDF	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA
1	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Sim	Sim	120	360	240	360	120	0	240	360
5	Sim	Não	120	-	360	-	240	-	360	-
6	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Sim	Sim	360	240	480	720	120	480	360	240
8	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Sim	Sim	360	360	720	720	360	360	480	600
10	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Sim	Não	120	-	600	-	480	-	120	-
12	Sim	Sim	240	120	720	720	480	600	360	360
13	Sim	Sim	120	240	600	240	480	0	120	240
14	Sim	Não	240	-	480	-	240	-	480	-
15	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Sim	Não	360	-	360	-	0	-	360	-
17	Sim	Não	240	-	720	-	480	-	360	-
18	Sim	Não	600	-	720	-	120	-	720	-
19	Sim	Não	120	-	240	-	120	-	240	-
%Sim	63,15%#	27,77%								
Média±DP			250 ± 148,81*	264 ± 100,4*	520 ± 186,83	552 ± 233,9	270 ± 178,2	288 ± 276,3	350 ± 165,5	360 ± 146,9

GDV	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA	MDPA	CON MDPA
1	Sim	Sim	600	720	600	720	0	0	600	720
2	Sim	Não	120	-	720	-	600	-	120	-
3	Sim	Não	120	-	720	-	600	-	120	-
4	Sim	Não	120	-	480	-	360	-	120	-
5	Sim	Não	360	-	480	-	120	-	360	-
%Sim	100%#&!	20%								
Média±DP			264 ± 214,6*	720	600 ± 120*#	720	336 ± 273,6	0 ± 0	264 ± 214,7	720

*p<0,05 em relação a início da janela CON GDV; #p<0,05 em relação a prevalência de CON GE; &p<0,05 em relação a prevalência de CON GDF; !p<0,05 em relação a prevalência de CON GDV.

Em análise descritiva, os valores em porcentagem da prevalência de responsivos entre os protocolos EXP e CON foram significativamente diferentes (p<0,001, ES = 1,39), ela foi diferente entre 1)CON GE e EXP GE (p<0,001, ES= 1,42), EXP GDF (p= 0,005, ES= 1,2) e EXP GDV (p= 0,001, ES= 2), 2) Entre CON GDF e EXP GE (p= 0,02, ES= -1,07), EXP GDV (p= 0,012, ES= 1,7) e 3) Entre COM GDV e EXP GDV (p= 0,046, ES= 1,86). Outra diferença significativa encontrada entre grupos em parâmetros temporais de MDPA foi o início da janela com MDPA

($F= 6,6$, $p=0,004$), foi significativa entre os grupos GE e GVD ($p=0,003$, $ES=2,39$), e GDF e GDV ($p= 0,013$, $ES= 1,84$). Além disso houve diferença significativa na interação de condição e grupo ($F= 4,54$, $p=0,018$), sendo eles: 1) CON GE com CON GDV ($p= 0,018$, $ES= -4,23$), 2) CON GDF com CON GDV ($p= 0,029$, $ES= -3,57$), 3) CON GDV com EXP GE ($p= 0,005$, $ES= -4,12$), GDF ($p= -3,68$, $ES= -3,68$) e GDV ($p=0,029$, $ES= 3,57$). Não foram detectadas diferenças significantes entre grupos para os finais das janelas de MDPa, amplitude da MDPa e no pico de MDPa ($p > 0,05$), embora o pico de MDPa apresentasse significância entre condições ($F= 5,313$, $p= 0,028$) experimental e controle ($p=0,028$, $ES= 1,1$).

6.5 Altura de Salto

Conforme apresentado na tabela 6, foi encontrado efeito significativo do tempo ($p<0,001$, $n^2p= 0, 57$, representando efeito moderado) e interação Tempo x condição ($p<0,001$, $n^2p= 0,128$, representando alto tamanho de efeito). Os outros fatores como condição e grupo, assim como interações como tempo x grupo, condição x grupo e tempo x condição x grupo não apresentaram significância.

Tabela 6. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos na altura de salto

	p	F	n ² parcial
Altura de Salto			
Efeito do tempo	<0,001	4,693	0,57
Efeito da Condição	0,529	0,4	0,005
Efeito do grupo	0,918	0,086	0,002
Interação Tempo x Condição	<0,001	11,404	0,128
Interação Tempo x Grupo	0,476	0,951	0,024
Interação Condição x Grupo	0,99	0,01	0,008
Interação Tempo x Grupo x Condição	0,663	0,738	0,019

Efeito do tempo: pré vs. 2 vs. 4 vs. 6 vs. 8 vs. 10 vs. 12 min pós; efeito das sessões: controle (CON) vs. MDPa (EXP MDPa); efeito dos grupos: GE vs. GDF vs. GDV.

Através do post-hoc de tukey foram encontradas diferenças significativas entre tempo pré e 4min pós ($p_{tukey} = 0,028$), pré e 6min pós ($p_{tukey} = 0,010$), 4min e 10 min pós ($p_{tukey}=0,027$), 6min e 10 min pós ($p_{tukey} <0,001$) e 6 min e 12 min pós ($p_{tukey} = 0,040$). Em relação a interação tempo x condição, foram utilizados o post hoc de

tukey, foram encontradas diferenças significativas entre Pré EXP MDPA e 2 min, 4min, 6min, 8min, 10min, 12min pós EXP MDPA ($p_{\text{tukey}} < 0,05$). Também houve significância entre 6min EXP MDPA e 12 min pós EXP MDPA ($p_{\text{tukey}} = 0,019$). Em relação a condição CON não houve significância. Esses dados estão apresentados nas figuras 15 e 16.

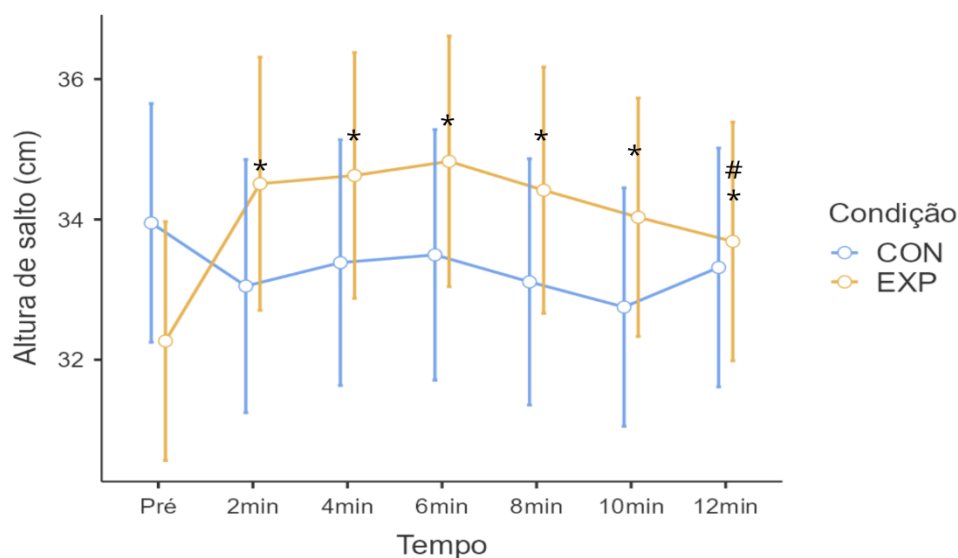


Figura 15. Representação gráfica da interação condição x tempo. * $p < 0,05$ comparado ao Pré EXP MDPA. # $p > 0,05$ comparado ao tempo 6 min pós EXP MDPA.

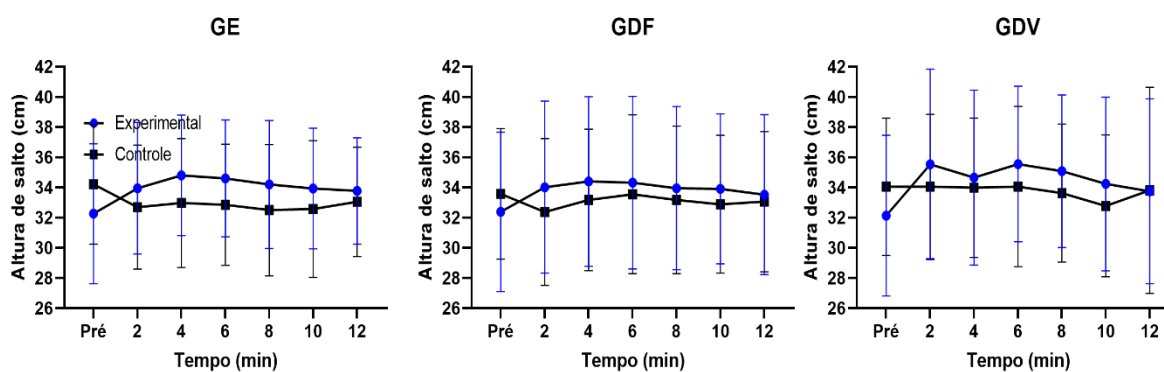


Figura 16. Representação gráfica da interação ($p > 0,05$) grupo x condição x tempo para altura de salto.

6.6 Força Vertical de Reação do solo

Através da Anova de três caminhos, semelhantemente ao salto foi encontrada diferenças na força de reação do solo significativas no efeito do tempo ($p=0,046$, $n^2p= 0,31$, representando efeito pequeno) e interação Tempo x condição ($p<0,001$, $n^2p= 0,078$, representando alto tamanho de efeito). Os outros fatores como condição e grupo, assim como interações como tempo x grupo, condição x grupo e tempo x condição x grupo) não apresentaram significância como apresentado na tabela 7.

Tabela 7. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos na força de reação do solo

	p	F	n ² parcial
Força de Reação do Solo			
Efeito do tempo	0,046	2,489	0,31
Efeito da condição	0,047	0,829	0,001
Efeito do grupo	0,114	2,235	0,054
Interação Tempo x Condição	<0,001	6,554	0,078
Interação Tempo x Grupo	0,539	0,869	0,022
Interação Condição x Grupo	1	0,0001	0,0001
Interação Tempo x Grupo x Condição	0,89	0,44	0,011

Efeito do tempo: pré vs. 2 vs. 4 vs. 6 vs. 8 vs. 10 vs. 12 min pós; efeito das sessões: controle (CON) vs. MDPA (EXP MDPA); efeito dos grupos: GE vs. GDF vs. GDV.

Em relação ao tempo foi utilizado o post-hoc de tukey e foram encontradas diferenças significativas entre tempo pré e 4min pós ($p_{tukey} = 0,014$) e 4min e 10 min pós ($p_{tukey}=0,014$). Em relação a interação tempo x condição, foram utilizados o post hoc de tukey, foram encontradas diferenças significativas entre Pré EXP MDPA e 2 min, 6min, 8min, 10min e 12min pós EXP MDPA ($p_{tukey} <0,001$, $p_{tukey} <0,001$, $p_{tukey} <0,001$, $p_{tukey} =0,002$, $p_{tukey} =0,043$, respectivamente). Também houve significância entre 6min EXP MDPA e 12 min pós EXP MDPA ($p_{tukey} = 0,039$). Em relação a condição CON não houve significância. Esses dados estão apresentados na figura 17.

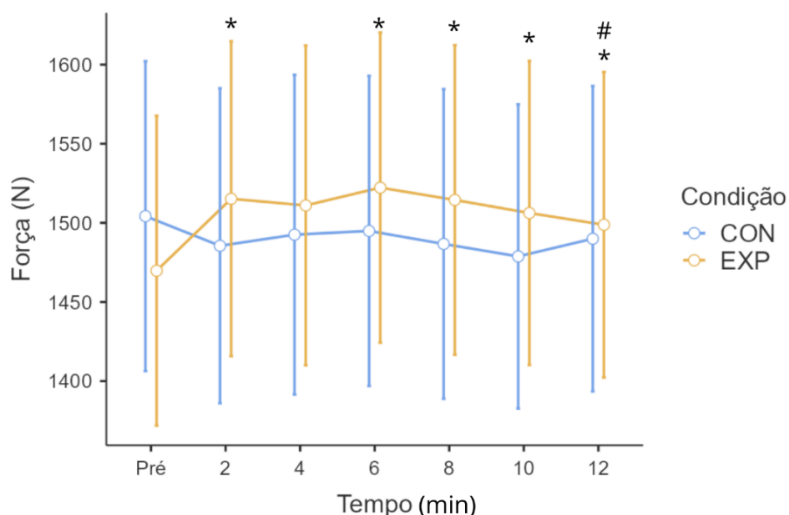


Figura 17. Representação gráfica da interação condição x tempo de força vertical de reação de solo.* $p < 0,05$ comparado ao Pré EXP MDPA. # $p > 0,05$ comparado ao tempo 6 min pós EXP MDPA.

6.7 Velocidade

Através da Anova de três caminhos, semelhantemente ao salto foi encontrada diferenças na força de reação do solo significativas no efeito do tempo ($p = 0,003$, $n^2p = 0,5$, representando efeito moderado) e interação Tempo x condição ($p < 0,001$, $n^2p = 0,128$, representando alto tamanho de efeito). Os outros fatores como condição e grupo, assim como interações como tempo x grupo, condição x grupo e tempo x condição x grupo) não apresentaram significância como apresentado na tabela 8.

Tabela 8. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos na velocidade

	p	F	n^2 parcial
Velocidade			
Efeito do tempo	0,003	4,066	0,5
Efeito da condição	0,551	0,359	0,005
Efeito do grupo	0,933	0,07	0,002
Interação Tempo x Condição	<0,001	11,484	0,128
Interação Tempo x Grupo	0,606	0,798	0,02
Interação Condição x Grupo	0,982	0,018	0,0001
Interação Tempo x Grupo x Condição	0,77	0,611	0,15

Efeito do tempo: pré vs. 2 vs. 4 vs. 6 vs. 8 vs. 10 vs. 12 min pós; efeito das sessões: controle (CON) vs. MDPA (EXP MDPA); efeito dos grupos: GE vs. GDF vs. GDV.

Em relação ao tempo foi utilizado o post-hoc de tukey e foram encontradas diferenças significativas entre tempo pré e 6min pós ($p_{\text{tukey}} = 0,030$), 6min e 10 min pós ($p_{\text{tukey}}=0,001$) e 6min e 10 min pós ($p_{\text{tukey}}=0,039$). Em relação a interação tempo x condição, foram utilizados o post hoc de tukey, foram encontradas diferenças significativas entre Pré EXP MDPA e 2 min, 4min, 6min, 8min, 10min pós EXP MDPA ($p_{\text{tukey}} <0,001$, $p_{\text{tukey}} <0,001$, $p_{\text{tukey}} <0,001$, $p_{\text{tukey}} <0,001$, $p_{\text{tukey}} =0,004$, respectivamente). Também houve significância entre 6min EXP MDPA e 12 min pós EXP MDPA ($p_{\text{tukey}} = 0,016$). Em relação a condição CON não houve significância. Esses dados estão apresentados na figura 18.

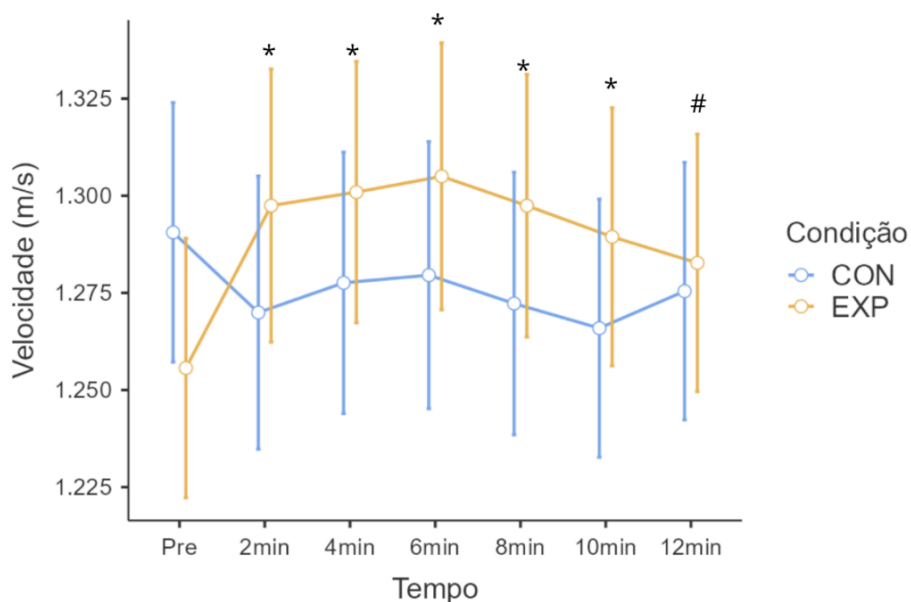


Figura 18. Representação gráfica da interação condição x tempo da velocidade. * $p < 0,05$ comparado ao Pré EXP MDPA. # $p > 0,05$ comparado ao tempo 6 min pós EXP MDPA .

6.8 Potência de saída

Através da Anova de três caminhos, semelhantemente ao salto foi encontrada diferenças na potência significativas no efeito do tempo ($p=0,001$, $n^2p= 0,53$, representando efeito moderado) e interação Tempo x condição ($p < 0,001$, $n^2p= 0,116$, representando alto tamanho de efeito). Os outros fatores como condição e grupo, assim como interações como tempo x grupo, condição x grupo e tempo x condição x grupo) não apresentaram significância como apresentado na tabela 9.

Tabela 9. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos na potência

Potência	p	F	n ² parcial
Efeito do tempo	0,001	4,359	0,53
Efeito da condição	0,672	0,181	0,002
Efeito do grupo	0,155	1,906	0,047
Interação Tempo x Condição	<0,001	10,24	0,116
Interação Tempo x Grupo	0,475	0,972	0,24
Interação Condição x Grupo	0,999	0,001	<0,001
Interação Tempo x Grupo x Condição	0,903	0,444	0,011

Efeito do tempo: pré vs. 2 vs. 4 vs. 6 vs. 8 vs. 10 vs. 12 min pós; efeito das sessões: controle (CON) vs. MDPA (EXP MDPA); efeito dos grupos: GE vs. GDF vs. GDV.

Em relação ao tempo foi utilizado o post-hoc de tukey e foram encontradas diferenças significativas entre pré e 4min pós ($p_{\text{tukey}} = 0,025$), pré e 6min pós ($p_{\text{tukey}} = 0,012$), 4min e 10 min pós ($p_{\text{tukey}}=0,052$) e 6min e 10 min pós ($p_{\text{tukey}}=0,003$). Em relação a interação tempo x condição, foram utilizados o post hoc de tukey, foram encontradas diferenças significativas entre Pré EXP MDPA e 2 min, 4min, 6min, 8min, 10min e 12min pós EXP MDPA ($p_{\text{tukey}} < 0,001$, $p_{\text{tukey}} < 0,001$, $p_{\text{tukey}} < 0,001$, $p_{\text{tukey}} < 0,001$, $p_{\text{tukey}} = 0,001$, $p_{\text{tukey}} = 0,012$ respectivamente). Em relação a condição CON não houve significância. Esses dados estão apresentados na figura 19.

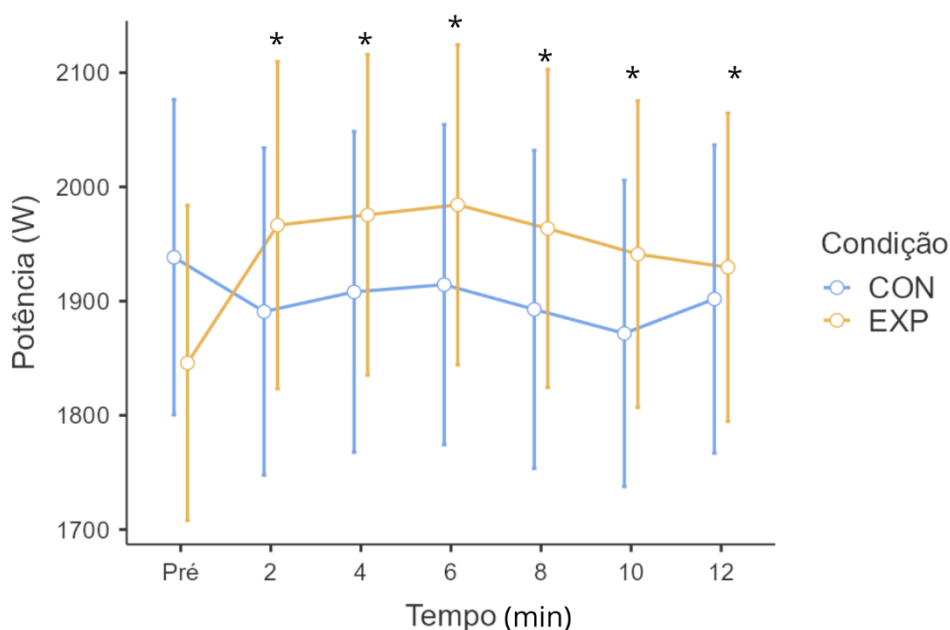


Figura 19. Representação gráfica da interação condição x tempo da potência.* $p < 0,05$ comparado ao Pré EXP MDPA..

6.9 Pico de torque em repouso

Conforme apresentado na Tabela 10, efeitos significantes do tempo (i.e., pré vs. 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 240 e 360s), condições (i.e., CON PPA vs. EXP PPA) e grupos (i.e. GE vs. GDV vs. GDF) foram identificados para o pico de torque evocado em repouso no presente estudo ($p = 0,016$, $n^2p = 0,069$, representando moderado tamanho de efeito). Ademais, houve outros efeitos significantes como tempo ($p < 0,001$, $n^2p = 0,42$, representando efeito pequeno) e interação Tempo x condição ($p < 0,001$, $n^2p = 0,069$, representando moderado tamanho de efeito). Os outros fatores como condição e grupo, assim como interações como condição x grupo não apresentaram significância como apresentado na tabela 10.

Tabela 10. Efeitos observados na análise de variância multifatorial de três caminhos no Pico de Torque em repouso.

	p	F	n^2 parcial
Pico de Torque em repouso			
Efeito do tempo	<0,001	56,74	0,421
Efeito da condição	0,31	1,043	0,013
Efeito do grupo	0,2	1,642	0,04
Interação Tempo x Condição	<0,001	5,78	0,069
Interação Tempo x Grupo	0,073	1,92	0,047
Interação Condição x Grupo	0,828	0,189	0,005
Interação Tempo x Grupo x Condição	0,016	2,61	0,063

Efeito do tempo: pré vs. 2 vs. 4 vs. 6 vs. 8 vs. 10 vs. 12 min pós; efeito das sessões: controle (CON) vs. PPA (EXP PPA); efeito dos grupos: GE vs. GDF vs. GDV.

Analisando a interação tempo x grupo x condição e foram encontradas diferenças significativas: No GDF, EXP, entre o tempo pré e os tempos 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 (em todas as comparações o $p_{\text{tukey}} < 0,001$, com $ES = 0,84$; $ES = 0,82$; $ES = 0,80$; $ES = 0,78$; $ES = 0,72$; $ES = 0,69$; $ES = 0,72$; $ES = 0,69$, respectivamente). No GE, CON, foram encontradas diferenças significativas entre o tempo pré e os tempos 50s/CON/GE (com $p_{\text{tukey}} = 0,041$, $ES = 0,63$), 50s/EXP/GDF ($p_{\text{tukey}} = 0,008$, $ES = 0,75$) e 60s/EXP GDF ($p_{\text{tukey}} = 0,027$, $ES = 0,83$). Ainda no GE, só

que na condição EXP, foram encontradas significância entre 50s/EXP/GE (com $p_{\text{tukey}} = 0,002$, ES= 0,76), 50s/EXP/GDF ($p_{\text{tukey}} = 0,024$, ES=0,95) e 60s/EXP/GE $p_{\text{tukey}} = 0,028$, ES=0,66). Como apresentado na figura 20.

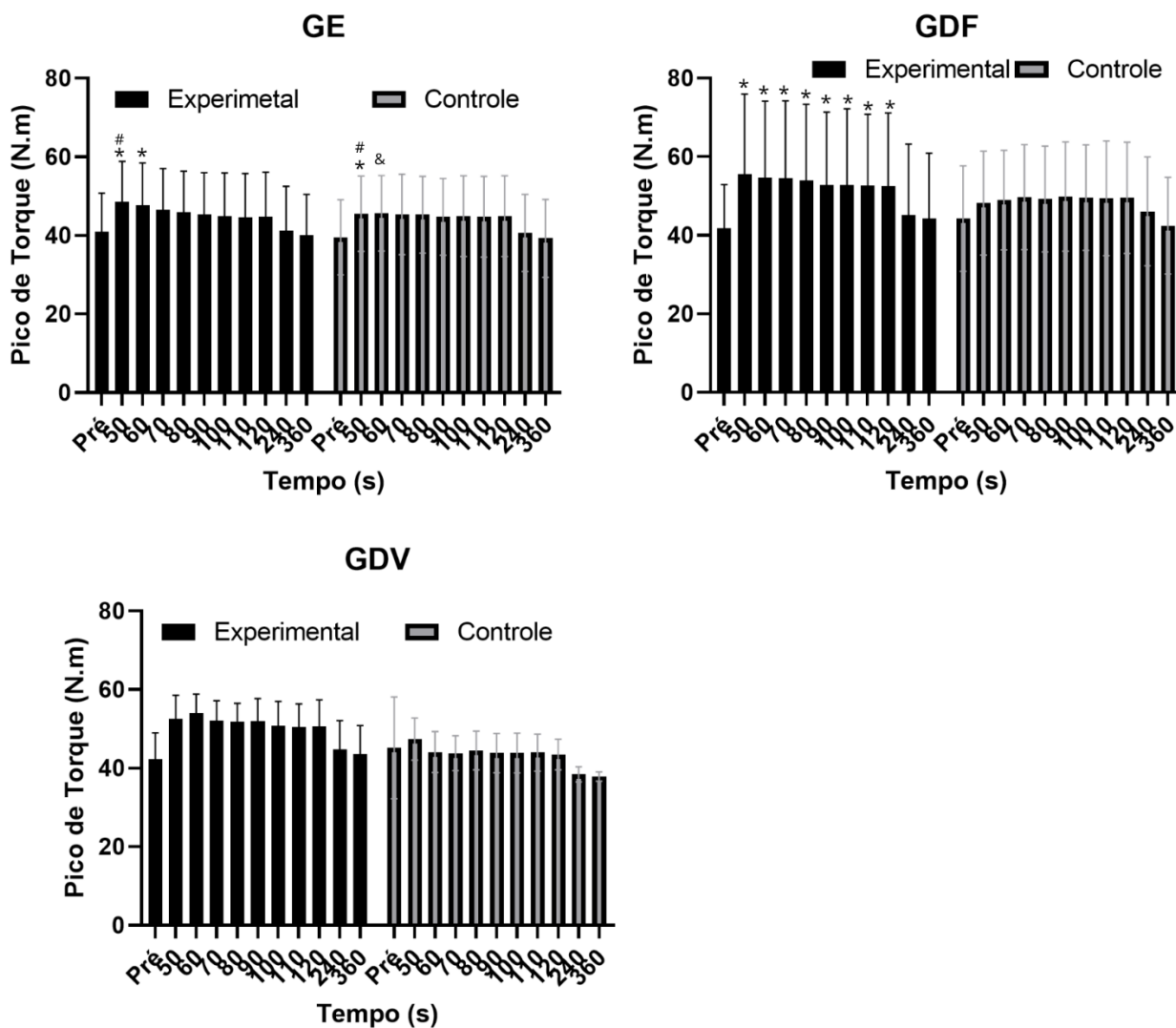


Figura 20. Representação gráfica da interação grupo x condição x tempo. * $p < 0,001$ comparado ao pré de cada condição. # $p < 0,05$ comparado ao tempo pós 50s EXP GDF e .& $p < 0,05$ comparado ao tempo pós 60s EXP GDF

6.10 Responsividade a PPA

Dados individuais acerca de responsividade à PPA durante a sessão PPA e CON PPA seguem apresentados na Tabela 11. Em relação à sessão PPA, doze dos dezoito participantes (i.e., 66,66%) incluídos no grupo GE demonstraram aumentos do torque evocado (detectada a partir da análise de MMD, em que se estabeleceu

que aumentos no pico de torque evocados em repouso maiores do que 3,97 N.m seriam considerados como PPA), enquanto dezoito de dezenove (i.e., 94,7 %) incluídos no grupo de GDF também apresentaram essa resposta (i.e., aumento de, pelo menos, 4,45 N.m, de acordo com o método de MMD). Nos incluídos do grupo GDV cinco dos cinco (i.e., 100 %) também apresentaram tais aumentos (i.e., aumento de, pelo menos, 2,66 N.m, de acordo com o método de MMD).

Em relação à sessão CON PPA, catorze dos dezoito participantes (i.e., 77,77%) incluídos no grupo GE demonstraram aumento do torque evocado (detectado a partir da análise de MMD, em que se estabeleceu que aumentos no pico de torque evocado em repouso maiores do que 3,82 N.m seriam considerados como PPA), enquanto doze dos dezenove (i.e., 63,15%) incluídos no grupo de GDF também apresentaram PPA (i.e., aumento de, pelo menos, 5,37 N.m, de acordo com o método de MMD). Nos incluídos do grupo GDV três dos cinco (i.e., 60 %) apresentaram tais aumentos (i.e., aumento de, pelo menos, 5,18 N.m, de acordo com o método de MMD).

A tabela 11 apresenta os resultados de responsividade individual a PPA. Houve significância de início de janela PPA entre condições ($F=5,36$, $p=0,024$) e entre grupos ($F= 3,53$, $p=0,036$). Sendo controle x experimental ($p=0,024$, $ES= 0,7$), entre grupos em relação a CON GDF teve significância com EXP GE ($p=0,002$, $ES=-1,64$), EXP GDF ($p=0,001$, $ES=1,56$), EXP GDV ($p=0,034$, $ES= 1,64$). Em relação ao final da janela de PPA, houve significância apenas entre condições ($F=8,655$, $p=0,005$), sendo CON x EXP ($p=0,005$, $ES=-0,89$). Em relação a amplitude da janela de PPA, houve significância entre condições ($F=8,8874$, $p=0,004$) e interação entre grupo e condição ($F=3,254$, $ES= 0,046$). Sendo CON x EXP ($p=0,004$, $ES=-0,9$) e havendo relação entre o grupo CON GE e EXP GDV ($p=0,033$, $ES= -1,65$). Em relação ao pico de PPA e prevalência de PPA não houve significância entre condição, grupo ou condição x grupo para ambas ($p=0,2$, $p=0,1$, $p=0,02$; $p=0,07$, $p=0,7$, $p=0,059$, respectivamente).

Tabela 11. Valores individuais, médios e descritivos de parâmetros temporais relacionados à responsividade e a janela de PPA

GE	Apresentou PPA?		Início da janela PPA (s)		Final da janela PPA (s)		Amplitude da janela PPA (s)		Pico de PPA (s)	
	PPA	CON PPA	PPA	CON PPA	PPA	CON PPA	PPA	CON PPA	PPA	CON PPA
1	Não	Sim	-	50	-	360	-	310	-	50
2	Sim	Sim	50	50	360	120	310	70	60	120
3	Sim	Sim	50	50	120	120	70	70	70	100
4	Sim	Sim	50	50	360	120	70	70	60	70
5	Sim	Não	50	-	120	-	70	-	50	-
6	Sim	Sim	50	60	120	120	70	60	120	110
7	Sim	Sim	50	80	50	240	0	160	50	110
8	Sim	Não	50	-	360	-	310	-	50	-
9	Sim	Não	50	-	60	-	10	-	50	-
10	Sim	Sim	50	50	120	360	70	310	50	70
11	Não	Sim	-	50	-	120	-	70	-	60
12	Sim	Sim	50	50	120	120	70	70	70	50
13	Não	Sim	-	50	-	50	-	0	-	50
14	Não	Sim	-	60	-	60	-	0	-	60
15	Sim	Não	50	-	60	-	10	-	50	-
16	Não	Sim	-	50	-	120	-	70	-	50
17	Sim	Sim	50	50	120	120	70	70	50	50
18	Não	Sim	-	50	-	120	-	70	-	50
%Sim	66,66%	77,77%								
Média ± DP			50±0*	53,6 ± 8,41	164,2 ± 121,16	153,6 ± 97	94,16 ± 104,6	100 ± 96,3	60,8 ± 20,2	71,42 ± 26,56

GDF	PPA	CON PPA	Início da janela PPA (s)		Final da janela PPA (s)		Amplitude da janela PPA (s)		Pico de PPA (s)	
			PPA	CON PPA	PPA	CON PPA	PPA	CON PPA	PPA	CON PPA
1	Sim	Sim	50	80	240	120	190	40	100	120
2	Sim	Sim	50	50	360	120	310	70	60	50
3	Sim	Não	50	-	360	-	310	-	70	-
4	Sim	Sim	50	80	360	120	310	40	50	90
5	Sim	Sim	50	50	120	120	70	70	50	90
6	Sim	Sim	60	60	80	240	20	180	70	240
7	Sim	Não	50	-	240	-	190	-	70	-
8	Sim	Não	50	-	240	-	190	-	50	-
9	Sim	Sim	50	60	100	120	50	60	70	70
10	Sim	Sim	50	50	240	120	190	70	80	120
11	Sim	Sim	50	70	110	100	60	30	50	90
12	Sim	Sim	50	50	240	120	190	70	50	50
13	Sim	Não	50	-	240	-	190	-	50	-
14	Sim	Não	50	-	120	-	70	-	120	-
15	Sim	Sim	50	60	80	110	30	50	50	110
16	Sim	Sim	50	50	240	100	190	50	50	60
17	Sim	Não	50	-	120	-	70	-	80	-
18	Sim	Não	50	-	120	-	70	-	50	-
19	Não	Sim	-	70	-	70	-	0	-	70
%Sim	94,70%	63,15%								
Média ± DP			50,6 ± 2,35*	60,8 ± 11,6	200,6 ± 97,2	121,7 ± 40,2	150 ± 97,91	60,8 ± 42,9	65 ± 20,1	96,7 ± 51,4

GDV	PPA	CON PPA	Início da janela PPA (s)		Final da janela PPA (s)		Amplitude da janela PPA (s)		Pico de PPA (s)	
			PPA	CON PPA	PPA	CON PPA	PPA	CON PPA	PPA	CON PPA
1	Sim	Sim	50	50	360	120	310	70	60	80
2	Sim	Não	50	-	360	-	310	-	60	-
3	Sim	Sim	50	50	120	50	70	0	50	50
4	sim	Sim	50	50	120	120	70	70	50	50
5	Sim	Não	50	-	360	-	310	-	120	-
%Sim	100%	60%								
Média ± DP			50 ± 0*#	50 ± 0	264 ± 131,5	96,7 ± 40,41	214 ± 131,5	46,66 ± 40,41	68 ± 29,5	60 ± 17,32

*p<0,05 em relação CON GDF; #p<0,05 em relação a CON GE

6.11 Tempo de curso dos fenômenos de PPA e MDPA

A figura 21 apresenta os tempos de curso dos fenômenos de MDPA e PPA para os grupos GDV, GDF e GE.

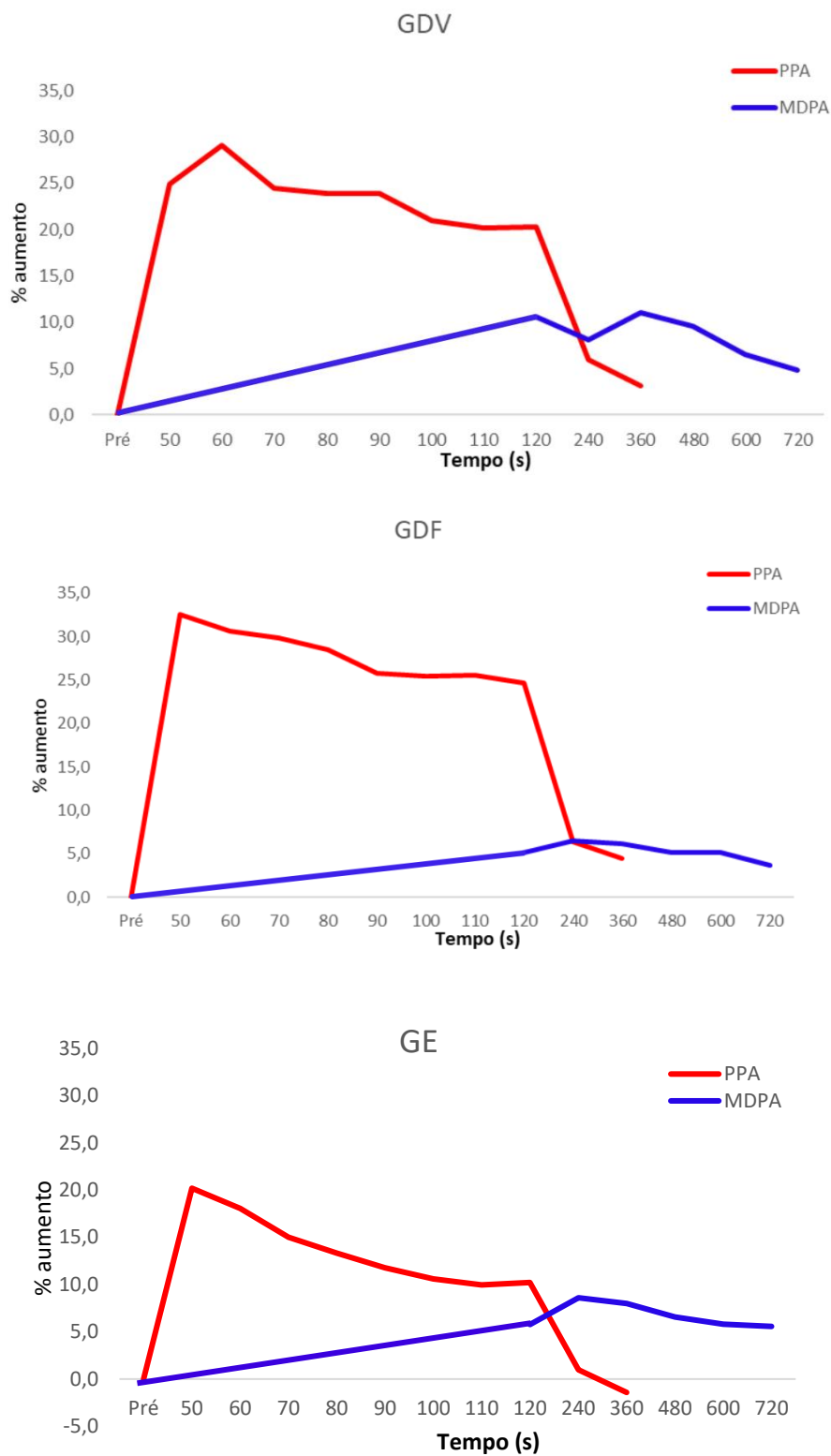


Figura 21. Representação gráfica do tempo de curso dos fenômenos da MDPA e PPA nos diferentes grupos de análise (GDV, GDF e GE).

7.DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi de que o método de avaliação pelo Perfil de Força-Velocidade não é eficaz para prever resposta aos fenômenos de PPA e MDPA em indivíduos do sexo masculino com níveis de treinamento recreacional e treinados/em desenvolvimento, ou seja, não existe uma vantagem entre os PFV em relação a prevalência MDPA e PPA. Portanto, a hipótese teorizada em nosso estudo de que indivíduos equilibrados se beneficiariam mais de ambos dos fenômenos do que indivíduos desequilibrados devido à sua capacidade otimizada de produção de potência foi rejeitada.

Um fator interessante em relação a características dos grupos é de que, embora não significativa, o GE obteve resultados piores na performance tanto na carga absoluta do 1 RM no agachamento, quanto na carga normalizada pela massa corporal ($126,11 \pm 28,38\text{kg}$; $1,65 \pm 0,21$) quando comparados aos grupos DF ($141,16 \pm 33,57\text{kg}$; $1,75 \pm 0,35$) e DV ($144,8 \pm 29,75\text{kg}$; $1,86 \pm 0,59$). Este resultado não esperado pode estar associado a dois fatores; primeiramente pelo fato do número amostral do grupo GE ser bem menor do que nos grupos GDV e GDF, em outras palavras um desempenho abaixo da média em uma população de cinco indivíduos possui maior influência negativa, do que em grupos com 19, 18 indivíduos; e, segundo, que o desempenho pode estar mais associado a capacidade o indivíduo produzir alto nível de potência máxima do que o tipo de PFV que está vinculado. Um estudo de Marcote-Pequeño e colaboradores (2018) avaliando a correlação entre o desempenho em tarefas como SCM e sprint de 20m e os parâmetros do PFV, foram detectadas altas correlações positivas entre as tarefas em relação a $P_{\text{máx}}$ ($r=0,75$), correlação moderada em relação a V_0 ($r=0,49$) enquanto que não houve correlação significativa para os parâmetros F_0 ($r=-0,14$), FV_{slope} ($r=-0,09$) e FV_{imb} . O estudo conclui que o valor de $P_{\text{máx}}$ durante cada tarefa é a capacidade mecânica mais correlata com o desempenho do salto ($r=0,84$) e sprint ($r=0,99$). O que nos leva a entender que talvez o perfil em si (FV_{imb}) não seja a variável mais importante e sim a $P_{\text{máx}}$ ou V_0 avaliadas. Em nosso estudo o grupo que maior produziu $P_{\text{máx}}$ foi o GDF seguido dos grupos GE e GDV ($27,2 \pm 24,9$ vs. $21,8 \pm 2,4$ vs. $21,48 \pm 4,3$, respectivamente), enquanto que em relação ao V_0 o grupo com maior valor foi também o GDF seguido dos GE e GDV ($3,7 \pm 0,7$ vs. $2,44 \pm 0,2$ vs. $2,14 \pm 0,2$, respectivamente). Isto ajuda a entender o porquê o grupo GDF foi superior ao grupo GE em relação ao RM, e, talvez, o porquê de responder mais ao fenômeno de PPA,

mas não explica o porquê do grupo GDV ter tido melhor performance do que os grupos GE e GDF e ter respondido diferente ao GE ao protocolo de indução de PPA, visto que estes têm $P_{\text{máx}}$ semelhantes. Portanto, o primeiro fator citado pode ser o maior influenciador neste aspecto.

A ausência de interação grupo x tempo x condição nos valores de altura de salto, força vertical de reação do solo, velocidade média e potência média ($p=0,066$; $p=0,89$; $p=0,77$ e $p=0,90$, respectivamente) indica que não existe diferença entre os grupos para esses parâmetros avaliados, ou seja, MDPA. Um fator que pode ter influenciado neste resultado foi que os grupos acabaram sendo internamente heterogêneos. A princípio, a população destinada do estudo era de atletas altamente treinados e que competissem nacionalmente (nível 3 da classificação de McKay 2022), mas a dificuldade de inserção em clubes profissionais ou de categoria de base para que estes cedessem atletas fez com que fosse necessário flexibilizar os critérios de inclusão, recrutando indivíduos treinados de níveis mais baixos (Nível 1 e 2) e fazendo com que representasse a maioria dos participantes.

Além disso, sabemos que o PFV é sensível em relação ao gênero, modalidade esportiva, posição e nível de treinamento do indivíduo. McMaster e colaboradores (2016) avaliaram 20 atletas de rúgbi, sendo 9 “atacantes” e 11 “defensivos” e foi concluído que os atacantes produziram significativamente ($p < 0,01$) maior ($ES = 1,31-1,77$) pico de força em todo o espectro de cargas. Giroux et al. (2016) determinaram os perfis FV e PV de uma amostra grande de atletas de elite e indivíduos ativos (controle), avaliando um movimento comumente utilizado (agachamento com salto) e estudando o nível de otimização desses perfis. As principais descobertas foram que: (I) relações FV e PV medidas durante um agachamento com salto são específicas da atividade esportiva; (II) a relação força-velocidade dos atletas de elite diferiam do perfil ideal (III), e; grupos controle masculino e feminino produziram F_0 , V_0 e P_{max} mais baixos do que atletas de elite. Como esperado, esse resultado mostra que o status de treinamento contribui para melhorar as capacidades musculares em comparação a indivíduos moderadamente ativos.

Em nosso estudo cada grupo era composto por indivíduos praticantes de esportes, posições e níveis de treinamento diferente, isto pode ter impactado na resposta ao protocolo utilizado para induzir aos dois fenômenos, visto que o protocolo indução de MDPA e PPA também é sensível a diversos fatores como intensidade, volume, tipo exercício, gênero, status de treinamento, tempo de

recuperação e maior expressão de fibras do tipo II. Outro fator importante, visto que a expressão de fibras do tipo II (RASSIER, 2000) tem um papel importante na responsividade a MDPA e PPA e na realização de atividades de contração muscular rápida, foi a impossibilidade de avaliar essa variável, e, portanto, não é possível inferir que o GE (teoricamente capacidade otimizada de produção de potência) possui maior expressão desse tipo de fibra do que os GDF e GDV, ainda mais considerando a heterogeneidade interna dos grupos. Portanto, uma sugestão de estudo seria reavaliar o PFV com um número amostral maior, com grupos homogêneos, separados por modalidade esportivas e posições. E avaliar se pelo PFV, também é possível avaliar a expressão do tipo de fibras.

Outro apontamento de nosso estudo foi que houve interação grupo x tempo x condição quando analisado o pico de torque em repouso. Foi encontrado na sessão experimental que o GDF ficou potencializado em até 120s após a PA. O GE na condição controle ficou até 50s potencializados. Ainda no GE, só que na condição experimental houve potencialização de até 60s. Aparentemente, o GDF apresenta melhor resposta ao aquecimento de PA do que os outros grupos GE e GDV. Isto pode ser explicado devido aos valores de $P_{máx}$ (já citado anteriormente) e talvez pelo fato de o PFV ser mais sensível ao fenômeno da PPA do que da MDPA, embora não tenha evidências na literatura sobre o assunto, é necessário pesquisas mais específicas nesta área. Há, também, a possibilidade de indução da potencialização pós-tetânica, mas isso também refletiria nas demais condições e grupos.

Em relação ao método aplicado neste estudo, não foram identificadas diferenças entre os valores de altura de salto dos GE, GDV e GDF durante 12 minutos após PA, entre as sessões controle e experimental. Entretanto, durante a sessão controle, não foram observadas alterações significantes na altura de SCM medida pré e os 7 tempos pós PA para ambos os grupos, indicando que a sequência de saltos realizadas durante o experimento não induziu MDPA indesejada e não promoveu um efeito indesejado de fadiga. Em outros estudos encontrados na literatura investigando MDPA induzida por diferentes protocolos de PA, a utilização da sessão controle também garantiu que a MDPA não se manifestasse e que a fadiga não influenciasse as sessões experimentais negativamente (NIBALI et al., 2016; BAUER et al., 2019; CORATELLA, et al. 2019). No entanto, no estudo de Carmo et al. (2021), observou-se uma redução significativa da altura de salto ($38,4 \pm 5,6$ cm vs. $37,4 \pm 5,7$ cm, $p = 0,001$; $ES = -0,18$) na sessão controle, o que não ocorreu de forma significativa em nosso estudo. Em compensação, houve alterações

significantes na condição experimental MDPA quando considerados valores de altura de salto, força, velocidade e potência, havendo interações semelhantes. Isso confirma que houve melhora de desempenho após a aplicação protocolo de PA utilizado, sendo que a altura de salto melhorou em até 12 min, a força vertical de reação do solo melhorou em até 10 minutos (2,6,8,10,12min), a velocidade melhorou em até 10 minutos e a potência melhorou em até 12 minutos. Acredita-se que em relação a não melhoria da força no quarto minuto seja explicada pela relação da potência, neste período em específico, o baixo nível de força foi compensada por uma maior velocidade de movimento, garantindo uma melhora no nível de potência neste momento.

Em relação ao protocolo de PA para induzir PPA e MDPA, Boulosa (2021) sugere que para a população treinada é indicado que protocolos contêm múltiplas séries (i.e 2 a 3), algumas repetições (i.e <6), alta intensidade (i.e 70-90% de 1 RM), intervalo médio de recuperação (i.e 4 a 7 minutos) e composto por exercícios dinâmicos ou isométricos. Em nosso estudo foi utilizado um protocolo semelhante ao previamente aplicado por Killduff (2008) e colaboradores, onde foram avaliados SCM nos tempos 15s, 4, 8, 12,16, 20 e 24 min após protocolo de PA que consistia em 3 séries de 3 repetições com 87% de 1 Rm. Ao final foi encontrado aumento de até 1,7 cm na altura de SCM (no 8º minuto) em relação ao basal. Em nosso estudo foi aplicado 3 séries de 3 repetições a 87% de 1 RM através do exercício do agachamento, mantendo 4 minutos de recuperação entre as séries, o que está de acordo com todas as sugestões de Boulosa (2021) e podemos considerar que a resposta ao protocolo foi um sucesso, visto que foi detectado MDPA em ambas as sessões e grupos. Em uma análise individual, considerando a MMD calculada, na sessão experimental MDPA, 72,22% dos indivíduos incluídos no GE, 63,15% dos indivíduos do GDF e 100% dos indivíduos do GDV foram responsivos a MDPA. Já na sessão controle, 11,11% dos indivíduos incluídos no GE demonstraram melhora de desempenho, assim como 27,77% dos indivíduos do GDF e 20% dos indivíduos do GDV, evidenciado pelos aumentos na altura de salto maiores que 1,58 cm no GE, 1,73 cm no GDF e 1,82cm no GDV, ou seja, aumentos semelhantes aos encontrados no estudo de Killduff e colaboradores (2008).

Além disso a sessão experimental MDPA, praticamente todos os participantes registraram uma diferença na altura SCM positiva com a exceção de um, sendo que a maior alteração encontrada foi de 8,3 cm (33,7%) pelo GE e, a menor, 0,2 cm (0,02%) para o GDF. Já em valores médios, no grupo GE houve um aumento de

5,77%, 8,59%, 7,98%, 6,57%, 5,81% ,5,57% (nos tempos 2, 4, 6, 8,10 e 12 min, respectivamente) na condição MDPA e houve uma diminuição de 4,34%, 3,58%, 3,86%, 4,98%, 4,80%, 3,15% (nos tempos 2, 4, 6, 8,10 e 12 min, respectivamente) na condição CON MDPA. No grupo GDF houve um aumento de 5,16%, 6,45%, 6,19%, 5,14% ,5,19% e 3,72% (nos tempos 2, 4, 6, 8,10 e 12 min, respectivamente) na condição MDPA e houve uma diminuição de 3,74%, 1,17%, 0,19%, 1,24%, 1,98%, 1,45% (nos tempos 2, 4, 6, 8, 10 e 12 min, respectivamente) na condição CON MDPA. No grupo GDV houve um aumento de 10,59%, 8,13%, 11,08%, 9,53%, 6,50% ,4,86% (nos tempos 2, 4, 6, 8,10 e 12 min, respectivamente) na condição MDPA e houve uma diminuição de 0,09%, 0,15%, 0,07%, 1,16%, 3,74% e 1,20% (nos tempos 4, 6, 8,10 e 12 min, respectivamente) na condição CON MDPA. Assim confirma-se que o protocolo utilizado gerou uma alta magnitude de melhora advinda da MDPA quando comparados ao aquecimento genérico, o que já era esperado visto que este último aquecimento não possui aspectos pertinentes para induzir MDPA (i.e especificidade da PA e do teste de verificação, intensidade e volume). Lembrando que na literatura é esperado aumentos de 1-13% de melhora após exercício de PA (BLAZEVIK & BABAL, 2019).

De acordo com o que já foi previamente apresentado na literatura (WILSON et al., 2013; ZIMMERMANN et al., 2021) em relação aos aspectos de comportamento da janela de MDPA: 1) o pico da janela de MDPA em indivíduos atletas se dá por volta de quatro minutos e para indivíduos treinados por volta de 7 a 10 minutos após a PA. 2) A MDPA geralmente inicia-se em 2 minutos, podendo se estender por até vinte minutos após o início da sua manifestação. Em nosso estudo foram calculadas as amplitudes das janelas de manifestação de MDPA (GE: $350,8 \pm 242,3s$ vs. GDF: $270 \pm 178,2s$ vs. GDV: $336 \pm 273,6 s$, $p>0,05$). Os picos de MDPA (GE: $360,8 \pm 162,48s$ vs. GDF: $350 \pm 165,5s$ vs. GDV: $264 \pm 214,7s$, $p>0,05$). Os finais das janelas de MDPA (GE: $544,61 \pm 205,61s$ vs. GDF: $520 \pm 186,83s$ vs. GDV: $600 \pm 120s$, $p>0,05$). Apenas o início da janela de MDPA teve diferença significativa entre os grupos GE e GVD ($p=0,003$, $ES=-2,39$), e GDV e GDF ($p=0,013$, $ES= -1,84$), ou seja, sugerindo que o grupo GDV inicia o fenômeno de MDPA tardiamente em relação os grupos GE e GDV. Mesmo assim, todos esses resultados sugerem que a janela de duração da MDPA foi semelhante em ambos os grupos.

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, foi possível observar que houve a manifestação da PPA durante ambas as sessões em todos os grupos. Em

uma análise individual, considerando a MMD calculada, na sessão experimental PPA 66,66% dos indivíduos incluídos no GE, 94,7% dos indivíduos do GDF e 100% dos indivíduos do GDV foram responsivos a PPA. Já na sessão controle, 77,77% dos indivíduos incluídos no GE, 63,15% dos indivíduos do GDF e 60% dos indivíduos do GDV foram responsivos a PPA, evidenciado pelos aumentos no pico de torque de 3,82 cm no GE, 5,37 cm no GDF e 5,18 cm no GDV. Estes resultados também corroboram com o sucesso do protocolo para induzir PPA, entretanto foi detectado que houve maior prevalência do grupo GE para o aquecimento genérico do que para o aquecimento de alta intensidade. Isso não era esperado e não há evidências concisas do porquê, mas indica que talvez: 1) indivíduos pertencentes ao perfil equilibrado sejam mais sensíveis as adaptações causadas por um aquecimento de menor intensidade do que os outros grupos. 2) Indivíduos pertencentes ao perfil equilibrado sejam menos tolerantes ao aquecimento de alta intensidade, fazendo que predominasse mais a fadiga do que indivíduos desequilibrados.

De acordo com o que já foi previamente apresentado na literatura (BOLLOUSA et al., 2021) em relação aos aspectos de comportamento da janela de PPA: 1) o pico da janela de PPA se dá imediatamente após a PA; 2) A PPA geralmente inicia-se em 0 s, podendo se estender por até dez minutos após o início da sua manifestação. As amplitudes das janelas de manifestação de PPA encontradas no presente estudo foram de $94,16 \pm 104,6$ segundos no GE, de $150 \pm 97,91$ segundos no GDF e $214 \pm 131,5$ na sessão EXP PPA e $100 \pm 96,3$ segundos no GE, de $60,8 \pm 42,9$ segundos no GDF, de $46,66 \pm 40,41$ segundos no GDV na sessão PPA, havendo estatística entre CON GE e EXP GDV ($p=0,033$, $ES=-1,65$). O início das janelas de manifestação de PPA encontradas no presente estudo foram de 50 ± 0 segundos no GE, $50,6 \pm 2,34$ segundos no GDF, 50 ± 0 segundos no GDV na sessão experimental e $53,6 \pm 8,41$ segundos no GE, $60,8 \pm 11,6$ segundos no GDF, 50 ± 0 segundos no GDV na sessão controle; havendo significância entre o CON GDF e EXP GE ($p=0,002$, $ES=-1,64$), EXP GDF ($p=0,001$, $ES=1,56$), EXP GDV ($p=0,034$, $ES=1,64$). Não houve diferença significativa entre os grupos em relação ao final da janela nas sessões experimental e controle (GE: $164,2 \pm 121,2s$ vs. GDF: $200,6 \pm 97,2s$ vs. GDV: $264 \pm 131,5s$ e GE: $153,6 \pm 97s$ vs. GDF: $121,7 \pm 97,2s$ vs. GDV: $96,7 \pm 40,41s$ respectivamente, ambos $p>0,05$) mas houve significância entre as condições experimental e controle ($p=0,005$, $ES=-0,89$). Não houve significância

estatística entre grupos e condições experimental e controle para o pico de PPA (GE: $60,8 \pm 20,2s$ vs. GDF: $65 \pm 20,1s$ vs. GDV: $68 \pm 29,5s$ e GE: $71,42 \pm 26,56s$ vs. GDF: $96,7 \pm 51,4s$ vs. GDV: $60 \pm 17,32s$, ambos $p > 0,05$) e nem para prevalência individual entre os grupos (GE: 66,6% vs. GDF: 94,70% vs. GDV: 100% e GE: 77,7% vs. GDF: 63,15% vs. GDV: 60%, ambos $p > 0,05$). Em uma análise descritiva é interessante apontar que o início das janelas de PPA está próximo a 50s, o que corrobora com a literatura onde é observado início do evento logo após a PA que no caso de nosso estudo era aos 50s, além disso é observado que o pico é próximo dos 60-75s com final do evento em um intervalo de 120-240s, o que também já está de acordo com a literatura, que o pico de ação da PPA normalmente é nos primeiros segundos e que o efeito tende a terminar antes dos 4 minutos (TILLIN & BISHOP, 2009; WILSON et al., 2013; BLAZEVIICH & BABAUULT, 2019; PRIESKE et al., 2020; BOULLOSA, 2021). Nosso estudo corrobora com achados em que a partir de 4 minutos, existe a predominância do efeito da MDPA ao invés da PPA.

Além disso a sessão experimental PPA, a maioria dos participantes registraram uma diferença no pico de torque evocado em repouso positiva. Na condição experimental PPA para o grupo GE houve um aumento de 32,5%, 30,61%, 29,8%, 28,43%, 25,73% , 25,42%, 25,54%, 24,66%, 6,33% e 4,42%, no GDF houve aumento de 20,18%, 18,06%, 15,01%, 13,3%, 11,77% , 10,58%, 9,95%, 10,21%, 0,98% e um decréscimo de 1,42% e no GDV houve um aumento de 24,92%, 29,06%, 24,52%, 23,91% , 23,95%, 21,02%, 20,24%, 20,3%, 5,98% e 3,10% (nos tempos 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 240 e 360s , respectivamente). O que está de encontro com a magnitude de melhora encontrados na literatura, é esperado aumentos de 4-188% de melhora após exercício de PA (PRIESK, 2020).

Ao final do estudo concluímos que o PFV não é um fator efetivo para prever prevalência e magnitude de aumento advindas da MDPA e PPA. Corroboramos com o fato da MDPA e PPA promoverem aumentos no desempenho, no caso de nosso estudo, no salto vertical e pico de torque evocado em repouso, assim como melhoras na produção de força, velocidade e potência. Além disso, o grupo GDF parece ter maior magnitude de melhora advinda da PPA do que GE e GDV.

8.LIMITAÇÕES

Como qualquer outro estudo, o presente apresenta algumas limitações. Uma delas é que o presente estudo obteve uma alta dificuldade em encontrar indivíduos com PFV desequilibrados em velocidade o que prejudica o poder estatístico ($n=5$) em relação aos outros grupos de comparação (GE e GDF). Além disso, a dificuldade em encontrar participantes de níveis de treinamento de classes 3 e 4 contribuem provavelmente, já que quanto mais próximo do ápice de performance, seria possível avaliar a homogeneidade dos PFV dentro de uma modalidade esportiva, talvez facilitando encontrar PFV mais específicos.

Além disso, o desempenho de salto ter sido medido até doze minutos após a PA também pode ser considerada uma limitação no presente estudo, pois, como já foi visto anteriormente na literatura, a MDPA pode permanecer manifestada por até aproximadamente vinte minutos após a atividade de PA. Assim como o pico torque evocado em repouso ter sido medido aos 50s também é considerada uma limitação, já que a literatura aponta que o pico efeito da PPA ocorre nos primeiros segundos pós PA.

9.PERSPECTIVAS FUTURAS

Estudos futuros devem investigar a manifestação da MDPa e seus efeitos agudos e crônicos em indivíduos de sexos diferentes, com diferentes níveis de treinamento e em diferentes modalidades esportivas. Além disso, investigar os efeitos do PFV a manifestação de MDPa e PPA em indivíduos com maiores níveis de treinamento. Também há uma lacuna remanescente no que diz respeito à existência de um protocolo mais adequado para induzir MDPa dependendo do PFV. Além disso, a reprodutibilidade do uso do PFV na indução da MDPa ainda não foi estudada.

10.CONCLUSÃO

Ao final do estudo concluímos que o PFV não é um efetivo determinante para prever prevalência e magnitude de resposta a MDPA e PPA. Corroboramos com o fato de a MDPA promover aumentos no desempenho, no caso de nosso estudo no salto vertical, assim como melhoras na produção de força, velocidade e potência. Observou-se que embora o efeito da MDPA se inicie mais tardiamente no GDV do que nos grupos GE e GDF, isso não foi suficiente para afetar a amplitude e término de janela de efeito da MDPA. Além disso, o grupo GDF parece ter maior magnitude de melhora advinda da PPA do que GE e GDV. O estudo corrobora também com os tempos de ação tanto da PPA quanto da MDPA. A área temática de nosso estudo é recente e de caráter exploratório, sendo assim um campo que carece de evidências robustas produzidas a partir de estudos futuros de aprofundamento.

11.REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol.* v.93, p.1318-26, 2002.

AAGAARD, P. Training-induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev.*, v.31, p.61–67, 2003.

ARSAC, L. M.; BELLI, A.; LACOUR, J. R. Muscle function during brief maximal exercise: accurate measurements on a friction-loaded cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology* , V.74, n°1–2, p.100–106, 1996.

BAKER, D.; NANCE, S.; MOORE, M. The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J. Strength Cond. Res.*, v.15, p.92–97, 2001.

BAKER, D.; NANCE, S.; MOORE, M. The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench throws in highly trained athletes. *J. Strength Cond. Res.* v.15, p.20–24, 2001.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; GLAISTER, M.; LOCKEY, R. A. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, Philadelphia, v. 33, n. 15, p. 1574–1579, 2015.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TEJERO-GONZÁLEZ, C. M.; DEL CAMPOVECINO, J.; BAVARESCO, N. The Concurrent Validity and Reliability of a LowCost, High-Speed Camera-Based Method for Measuring the Flight Time of Vertical Jumps. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v. 28, n. 2, p. 528–533, 2014.

BATISTA, M.A.B.; ROSCHEL, H.; BARROSO, R.; UGRINOWITSCH, C.;TRICOLI, V. Potencialização pós-ativação: possíveis mecanismos fisiológicos e sua aplicação no aquecimento de atletas de modalidades de potência. *Revista da educação física/UEM*, Maringá, v.21, n.1, p.161-174, 2010.

BEHM, D.G.; BUTTON, D.C.; BARBOUR, G.; BUTT, J. C.; YOUNG, W.B. . Conflicting effects of fatigue and potentiation on voluntary force. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v.18, n.2, p.365–372, 2004.

BEVAN, H.R. et al. Optimal loading for the development of peak power output in professional rugby players. *J Strength Cond Res.*, v.24, p.43–47, 2010.

BLAZEVIČH, A. J.;BABAUŁT, N. . Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Front in Physiol.*, v.10, n.1,p19, 2019.

BOBBERT M. F. Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? *J Appl Physiol.*,v.112, p.1975– 1983, 2012.

BOGDANIS, G. C.; TSOUKOS A.; VELIGEKAS, P. Improvement of long-jump performance during competition using a plyometric exercise. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* , v.12, p.235–240, 2017.

BOTTINELLI, R.; PELLEGRINO, M.A.; CANEPARI, M.; REGGIANI, C. Specific contributions of various muscle fibre types to human muscle performance: An in vitro study. *J Electromyogr Kinesiol.*, v.9,p. 87–95, 1999.

BOTTINELLI, R.; CANEPARI, M. PELLEGRINO, M.A.; REGGIANI, C. Force-velocity properties of human skeletal muscle fibres: Myosin heavy chain isoform and temperature dependence. *J Physiol* v.495, p.573– 586, 1996.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Heidelberg, v. 50, n. 2, p. 273–282, 1983.

BOULLOSA D.A.; TUIMIL J.L. Postactivation potentiation in distance runners after two different field running protocols. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v.23, p.1560–1565, 2009.

BOULLOSA, D. A.; TUIMIL, J.L.; ALEGRE, L.M.; IGLESIAS, E.; LUSQUINOS, F. Concurrent fatigue and potentiation in endurance athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v.6, n.1, p.82–93, 2011.

BOULLOSA, D.A. Post-activation performance enhancement strategies in sport: a brief review for practitioners. *Human Movement*, v.22, n.3, p.101-109, 2021.

BRENNER, B.; EISENBERG, E. Rate of force generation in muscle: correlation with actomyosin ATPase activity in solution. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v.83, p.3542–3546, 1986.

BULL, F.C.; AL-ANSARI, S. S.; BIDDLE, S. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med.*, v.54, n.24, p.1451–1462, 2020.

CARMO, E.C. et al. Self-selected Rest Interval Improves Vertical Jump Postactivation Potentiation. *J Strength Cond Res.*, v.35, n.1, p.91-96, 2021.

CHINE, R.; OLSON, E.N.; RICHARDSON, J.A.; YANG, Q. et al., A calcineurin-dependent transcriptional pathway controls skeletal muscle fiber type, *Genes Dev.*, New York, v.12, n. 16, p. 2499–2509, 1998.

CHRISTOPHER, M.S.T. et al. Roles of Maximal Strength and Rate of Force Development in Maximizing Muscular Power. *Strength and Conditioning Journal.*, v.38, n.1, p.71-78, 2016

CHIU, L.Z.; FRY, A.C.; WEISS, L.W. et al. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J. Strength Cond. Res.*, Colorado Springs, v.17, n.4, p. 671-677, 2003.

COHEN J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Mahwah, NJ. 1988.

COMFORT, P.; ALLEN, M.; GRAHAM-SMITH, P. Kinetic comparisons during variations of the power clean. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v.25, p.3269– 3273, 2011.

COMFORT, P.; FLETCHER, C.; MCMAHON, J.J. Determination of optimal load during the power clean in collegiate athletes. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v.26, p.2970–2974, 2012.

CORMIE P.; MCGUIGAN, M.R.; NEWTON, R.U. Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Med Sci Sports Exerc.*, v.42, p.1566–1581, 2010.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M.R.; NEWTON, R.U. Developing maximal neuromuscular power: part 1—training considerations for improving maximal power production. *Sports. Med.*, London, v. 41, n.1, p.17-38, 2011

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M.R.; NEWTON, R.U. Developing maximal neuromuscular power: part 2—training considerations for improving maximal power production. *Sports Med.*, London, v. 41, n.2, p.125-146, 2011

CORMIE, P. et al. Within Session Exercise Sequencing During Programming for Complex Training: Historical Perspectives, Terminology, and Training Considerations. *Sports Medicine*, 2022.

CRONIN, J.; SLEIVERT, G. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Med.*, London, v.35, p.213–234, 2005.

CROSS, M.R.; BRUGHELLI M.; SAMOZINO, P.; MORIN, J.B. Methods of Power-Force-Velocity Profiling During Sprint Running: A Narrative Review. *Sports Med.*, London v. 47,n.7, p. 1255-1269, 2017.

CRUM, A.J.; KAWAMORI, N.; STONE, M.H.; HAFF, G.G. The acute effects of moderately loaded concentric-only quarter squats on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v.22, n.3, p.726-730, 2012.

CRUZ, E.M.; BANKOFF, A.D. P. Estudo do salto vertical máximo: análise da correlação de forças aplicadas. *Revista da faculdade de educação física Unicamp, Campinas*, v.8, n.1, p. 38-53, 2010.

CUENCA-FERNANDEZ, F.; SMITH, I. C.; JORDAN, M. J.; MACINTOSH, B. R.; CONTRERAS,L. G., et al. Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: a pilot study. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* v. 42, p.1122–1125, 2017.

CUK I.; MARKOVIC, M.; NEDELJKOVICN, A. UGARKOVIC, D.; KUKOLJ, M.; JARIC S. Forcevelocity relationship of leg extensors obtained from loaded and unloaded vertical jumps. *Eur J Appl Physiol* , v.114, p.1703–1714, 2014.

DELLING, U.; TURECKOVA, J.; LIM, H.W. et al. A calcineurin-NFATc3-dependent pathway regulates skeletal muscle differentiation and slow myosin heavy-chain expression. *Mol. Cell Biol.*, Washington, v. 20, n. 17, p. 6600-6611, 2000.

DIAS, J.A. et al. Validity of two methods for estimation of vertical jump height. *J. Strength Cond. Res.*, Lincoln, v. 25, n. 7, p. 2034-2039, 2011.

DUTHIE, G.M; YOUNG, W.B; AITKEN, D. A. The acute effects of heavy loads on jump squat performance: An evaluation of the complex and contrasting methods of power development. *Journal of strength and Conditioning Research*, v.16, n.4, p.530-538, 2002.

ELMUBARAK, M. H.; RANATUNGA, K. W. Temperature sensitivity of tension development in a fast-twitch muscle of the rat. *Muscle Nerve*, v.7, p.298–303, 1984.

ENOKA, R.M. Neural adaptations with chronic physical activity. *J Biomech.*, v.30, n.5, p.447–45, 1997

FAULKNER, J.A.;CLAFLIN, D.R.; MCCULLY, K.K.. Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. In: Human Muscle Power. N.L. Jones, N.M. McCartney, and A. J. McComas, eds. *Champaign, IL: Human Kinetics*, p. 81–94, 1986.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. Designing Resistance Training Programs. Champaign, IL: Human Kinetics, 1997

FOLLAND, J. P.; WAKAMATSU, T.; FIMLAND, M. S. The influence of maximal isometric activity on twitch and H-reflex potentiation, and quadriceps femoris performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v.104, p.739–748, 2008.

FREYN, N.; RICHARDSON, J.A.; OLSON, E.N. Calsarcins, a novel family of sarcomeric calcineurin-binding proteins, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, Washington, v. 97, p.14632-14637, 2000.

FREYN, D.; FRANK, S.; LIPPL, C.; et al. Calsarcin-2 deficiency increases exercise capacity in mice through calcineurin/NFAT activation. *J. Clin. Invest.*, Atlantic City, v.118, p. 3598–3608, 2008.

GARHAMMER, J.; GREGOR, R. Propulsion Forces as a Function of Intensity for Weightlifting and Vertical Jumping, *J. Appl. Sports Sci. Research*, v.6, n.3, p.129-134, 1992.

GONZALEZ-ALONSO, J. et al. Heat production in human skeletal muscle at the onset of intense dynamic exercise. *J. Physiol.*,v.524, p.603–615, 2000.

GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; GOROSTIAGA-AYESTARÁN, E. Fundamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento desportivo. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

GOURGOULIS, V.; AGGELOUSSIS, N.; KASIMATIS, P.; MAVROMATIS, G.; GARASSA. Effect of a submaximal halfsquats warm-up program on vertical jumping ability. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v. 17, p. 342-344, 2003.

GIROUX, C.; RABITA, G.; CHOLLET D.; GUILHEM, G. Optimal Balance Between Force and Velocity Differs Among World-Class Athletes. *Journal of Applied Biomechanics* , v.32, p.59-68, 2016.

GULLICH, A.; SCHMIDTBLEICHER, D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *N. Stud. Athlet.*, Monaco, v. 11, p. 67-81, 1996.

HAFF, G. G.; WHITLEY, A.;POTTEIGER, J. A. A brief review: Explosive exercises and sports performance. *Strength Cond. J.*, v.23, p.13–20, 2001.

HAMADA, T.; SALE, D.G.; MACDOUGALL, J.D.; TARNOPOLSKY, M.A. Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta.Physiol. Scand.*, Hoboken, v. 178, n. 2, p.165-73, 2003.

HAMADA, T.; SALE, D.G.; MACDOUGALL, J.D. Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v.32, n.2, p.403–411, 2000.

HAKKINEN, K. Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *J Sports Med Phys Fitness.*,v. 29, p.9–26, 1989.

HARMAN, E. A.; ROSENSTEIN, M. T.; FRYKMAN, P. N., ROSENSTEIN, R. M.; KRAEMER, W. J. Estimation of human power output from vertical jump. *Journal of Applied Sport Science Research* v.5, n° 3, p.116–120, 1991.

HARRIS, G.R.; STONE, M.H.; O'BRYANT, H.S.; PROULX, C.M.; JOHNSON, R.L. Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *J. Strength Cond. Res.*,v.14, p.14–20, 2000.

HAWLEY, J.A.; WILLIAMS, M.M.; VICKOVIC, M.M.; HANDCOCK, P.J. Muscle power predicts freestyle swimming performance. *Br J Sports Med.*, v.26, p.151–155, 1992.

HECKMAN, C. J.;ENOKA. R. M. . Motor unit. *Compr. Physiol.* v.2, p.2629–2682, 2012.

HILL, A. V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society 126B*, p.136–195, 1938.

HOSTLER, D.; SCHWIRIAN C.I.; CAMPOS, G. et al. Skeletal muscle adaptations in elastic resistance-trained young men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.*, Heidelberg, v.86, p.112-8, 2001.

HOPKINS, W.; MARSHALL, S.; BATTERHAM, A.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.*, v. 41, n.3, 2009.

JARIC, S. Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *Int J Sports Med.*, v.36,n.9,p. 699-704, 2015.

JIMÉNEZ-REYES, P. et al. Effect of countermovement on power-force-velocity profile. *Eur J Appl Physiol.*, v.114, p.2281–2288, 2014

JIMÉNEZ-REYES, P.; SAMOZINO, P.; BRUGHELLI, M.; MORIN, J.B. Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Front. Physiol.*, v.7, p.677, 2017.

JIMÉNEZ-REYES, P. et al. Validity of a Simple Method for Measuring Force-Velocity-Power Profile in Countermovement Jump. *Int J Sports Physiol Perform.*, v.12, n.1 p.36-43, 2017.

JOHNSON, D.L.; BAHAMONDE, R. Power Output Estimate in University Athletes. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v.10, n.3, p.161-166, 1996.

KANEKO, M.; FUCHIMOTO, T.; TOJI, H.; SUEI, K. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand. J. Sports Sci.*, v.5,p.50–55,1983.

KARAMPATSOS, G. P.; et al. Acute effect of countermovement jumping on throwing performance in track and field athletes during competition. *J. Strength Cond. Res.* n.31, p.359–364, 2017.

KAWAMORI, N.; HAFF, G.G. The optimal training load for the development of muscular power. *J. Strength Cond. Res.*, v.18, n.3, p.675–684, 2004.

KILDUFF, L.P., OWEN, N.; BEVAN, H.; BENNETT, M.; KINGSLEY, M.I.C.; CUNNINGHAM, D. Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players, *J. Sports Sci.*, London, v.26, n.8, p.795-802, 2008.

KOBAL, R.; et al. Effects of different combinations of strength, power and plyometric training on the physical performance of elite young soccer players. *Journal of strength and conditioning research.* v.31, n. 6, p.1468-1476, 2017.

KOMI, P.V. Força e potência no esporte. 2ª ed. Artmed: Porto Alegre, 2006

LATASH M.L.;SCHOLZ, J.P.; SCHONER, G. Toward a new theory of motor synergies. *Motor Control*; n.11, p.276–30, 2007.

LAFFAYE, G.; WAGNER, P.P.; TOMBLESON, T.I.L. Countermovement jump height: Gender and sport-specific differences in the force-time variables. *J Strength Cond Res.*, v.28,n.4, p.1096–1105, 2014.

LINTHOM, N.P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *Am J Physics*, v.69, p.1198–1204, 2001.

LOTURCO, I.; et al. Transference of traditional versus complex strength and power training to sprint performance. *Journal Human Kinetics*, v.41, n.1, p.265-273, 2014.

LUSCHER, H.R.; RUENZEL, P.; HENNEMAN, E. Composite EPSPs in motoneurons of different sizes before and during PTP: implications for transmission failure and its relief in laprojections. *J. Neurophysiology*, Bethesda, v. 49, n.1, p.269-89, 1983.

MACINTOSH, B. R. Cellular and whole muscle studies of activity dependent potentiation. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v.682, p.315–342, 2010.

MAHLFELD, K.; FRANKE, J.; AWISZUS, F. Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle & Nerve*, New York, v.29, n.4, p.597-600. 2004.

MANTOVANI, G.B.; BARRETO R.V.; SOUZA V.A.; BUENO JÚNIOR C.R.; ASSUMPCÃO C.O; GRECO C.C.; DENADAI B.S.; LIMA L.C.R. The influence of the ACTN3 R577X polymorphism in the responsiveness to post-activation jump performance enhancement in untrained young men. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, Florianópolis, v.23, p.1-13 2021.

MARCOTE-PEQUEÑO, R.; et al. Association Between the Force–Velocity Profile and Performance Variables Obtained in Jumping and Sprinting in Elite Female Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v.14, n.2, p. 209-215, 2024.

MARKOVIC, G. DIZDAR, D.; JUKIC, I.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J. Strength Cond. Res.*, Colorado Springs, v.18, n.3, p.551–555, 2004.

MARSHALL, J. et al. Optimal Training Sequences to Develop Lower Body Force, Velocity, Power, and Jump Height: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 5 mar. 2021.

MARQUES, M.C.; SAAVEDRA, F.J.; ABRANTES, C.; AIDAR, F.J. Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: A short research report. *J Hum Kinet.*, v. 29, p.53–57, 2011

MCBRIDE, J.M.; TRIPLETT-MCBRIDE, T.; DAVIE, A.; NEWTON, R.U. The effect of heavy- vs, light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res.*, Colorado Springs, v.16, n.1, p.75-82, 2002.

MCMASTER, D.T.; GILL, N. D.; CRONIN, J.B.; MCGUIGAN, M.R. Force-velocity-power assessment in semiprofessional rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research.*, v.30, n.4,p.1118-1126, 2016.

MCKAY, A.K.A; STELLINGWERFF, T.; SMITH, E. S. et al. Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v.17, n.2 p. 317-331, 2022.

MCLELLAN, C.P.; LOVELL, D.I. GASS, G.C. The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.*, v.25, n.2, p.379–385, 2011.

MITCHELL, C. J.; SALE, D.G. Enhancement of jump performance after a 5-rm squat is associated with postactivation potentiation. *European journal of applied physiology*, Hamilton, v. 111, n. 8, p. 1957–1963, 2011.

MORANA, C.; PERREY, S. Time course of postactivation potentiation during intermittent submaximal fatiguing contractions in endurance- and power-trained athletes. *J. Strength Cond. Res.*, Colorado Springs, v.23, n.5, p.1456–1464, 2009

MORIN, J.B.; GIMENEZ, P.; EDOUARD, P.; ARNAL, P.; JIMÉNEZ-REYES, P.; SAMOZINO, P.; MENDIGUCHIA, J. Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Front. Physiol.*, v.6, p.404, 2015.

MORIN J.B.; SAMOZINO P. Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v.11 ,p.267-272, 2016.

MORIN, J.B.; JIMÉNEZ-REYES, P.; BRUGHELLI, M.; SAMOZINO, P. When Jump Height is not a Good Indicator of Lower Limb Maximal Power Output: Theoretical Demonstration, Experimental Evidence and Practical Solutions. *Sports Med.*, London, v.49, n.7, p.999-1006, 2019.

MOORE, R.L.; STULL, J.T. Myosin light chain phosphorylation in fast and slow skeletal muscles in situ. *Am J Physiol.* v.247, p.462-71,1984.

MOSS, B.M.; REFSNES, P.E.; ABLIDGAARD, A.; NICOLAYSEN, K.; JENSEN, J. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, loadpower and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol.* ,v. 75, p.193–199, 1997.

MILLET, G.P.; JAOUEN, B.; BORRANI, F.; CANDAU, R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Med Sci Sports Exerc.*, Madison, v.34, p.1351– 1359, 2002.

MCBRIDE, J.M., T. TRIPLETT-MCBRIDE, A. DAVIE, AND R.U. NEWTON. A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters, and sprinters. *J.Strength Cond. Res.*, v.13,p.58–66. 1999

MCBRIDE, J.M.; TRIPLETT-MCBRIDE, T.; DAVIE, A.; NEWTON, R.U. The effect of heavy- vs, light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J. Strength Cond. Res.*, Colorado Springs. v.16, n.1, p.75-82, 2002.

NEWTON R.U.; MURPHY A.J.; HUMPHRIES, B.J. et al. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*,Berlin, v.75, n. 4, p.333-42, 1997.

NEWTON, R.U.; KRAEMER, W.J.. Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Cond. J.*, v.16, p.20–31,1994

NIKOLAIDIS, P.T. Age- and sex-related differences in force-velocity characteristics of upper and lower limbs of competitive adolescent swimmers. *J Hum Kinet.*, v.32, p.87–95, 2012.

NIMPFIUS, S.; MCGUIGAN, M.R.; NEWTON, R.U. Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *J Strength Cond Res.*, v.24, p.885– 895, 2010

NUZZO, J. L.; MCBRIDE, J.M.; CORMIE, P.; MCCAULLEY, G.O. Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *J Strength Cond Res.*, v.22, p.699–707, 2008.

NUZZO, J. L.; BARRY, B. K.; GANDEVIA, S. C.; TAYLOR J. L. Acute strength training increases responses to stimulation of corticospinal axons. *Med. Sci. Sports Exerc.* v.48, p.139–150, 2016.

NYITRAI M.; ROSSI R.; ADAMEK, N.; PELLEGRINO, M.A.; BOTTINELLI, R.; GEEVES, M.A. What limits the velocity of fast skeletal muscle contraction in mammals? *J Mol Biol* v.355, p. 432–442, 2006.

PAINTER K.B. A Practical Comparison Between Traditional Periodization and Daily-Undulated Weight Training Among Collegiate Track and Field Athletes. East Tennessee State University, 2009

PASQUA, L.A.; ARTIOLI, G.G.; PIRES, F.D.O.; BERTUZZI, R. ACTN3 e desempenho esportivo: um gene candidato ao sucesso em provas de curta e longa duração. *Rev. Bras. Cineantrop.Des.Hum.*, Florianópolis, v. 13, n. 6, p. 477-83, 2011.

PRIESKE, O.; BEHRENS, M.; CHAABENE, H. et al. Time to Differentiate Postactivation “Potentiation” from “Performance Enhancement” in the Strength and Conditioning Community. *Sports Med.*, London, v.50, p.1559–1565, 2020.

RAHMANI, A.; LOCATELLI, E.; LACOUR, J.R. Differences in morphology and force/ velocity relationship between Senegalese and Italian sprinters. *Eur J Appl Physiol.*, v.91, p.399–405, 2004.

RASSIER, D.E. The effects of length on fatigue and twitch potentiation in human skeletal muscle. *Clinic Physiology*, Oxford, v. 20, n. 6, p. 474-482, 2000.

RASSIER, D. E.; MACINTOSH, B. R. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medicine and Biological Research*, São Paulo, v.33, n.5, p.499-508,2000.

RIXON, K. P.; LAMON, H. S.; BEMBEN, M. G. Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *J. Strength Cond. Res.*, Colorado Springs, v. 21, n. 2, p. 500-505, 2007.

ROY, R.R.; EDGERTON, V. R. Skeletal muscle architecture and performance. *In: Strength and Power in Sport. P.V. Komi, ed. M.A. Malden: Blackwell Scientific*, p.115–129,1992.

SAMOZINO, P.; MORIN, J.B.; HINTZY, F.; BELLI, A. A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *J. Biomech.*, v.41, p.2940–2945, 2008.

SAMOZINO, P.; REJC, E.; DIPRAMPERO, P.E.; BELLI, A.; MORIN, J.B. Optimal force-velocity profile in ballistic movements—altius: citius or fortius? *Med. Sci. Sports Exerc.*, Madison, v.44, p.313–322, 2012.

SAMOZINO, P.; EDOUARD, P.; SANGNIER, S.; BRUGHELLI, M.; GIMENEZ, P.; MORIN, J.B. Force-velocity profile: Imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *Int. J. Sports Med.*, Stuttgart, v.35, p.505–510, 2014.

SAMOZINO, P.; REJC, E.; DI PRAMPERO, PE.; BELLI, A; MORIN, J.B. Force–Velocity Properties’ Contribution to Bilateral Deficit during Ballistic Push-off. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Madison, v.46, n.1, p. 107–114, 2014.

SAMOZINO, P.; RABITA, G.; DOREL, S.; SLAWINSKI, J.; PEYROT, N.; SAEZ DE VIL, E.; MORIN J. B. A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running ,*Scand J Med Sci Sports*. 2015.

SARGEANT, A.J. Structural and functional determinants of human muscle power. *Exp Physiol*, v.92, p. 323–331, 2007.

SAUNDERS, P.U.; TELFORD, R.D.; PYNE, D.B. et al. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J. Strength Cond. Res.*, Colorado Springs, v.20, p.947–954, 2006.

SCHNEIKER, K.; BILLAUT, F.; BISHOP, D. The effects of preloading using heavy resistance exercise on acute power output during lower-body complex training [abstract]. *European College of Sports Science*, Lausanne, v.89, jul.2006.

SCHMIDTBLEICHER, D. Training for power events. In: *Strength and Power in Sport*. P.V. Komi, ed. M.A. Malden: Blackwell Scientific, p.381–395, 1992.

SEITZ, L.B.; HAFF, G.G. Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: a systematic review with meta-analysis. *Sports Med*.v.46,n.2, p.231-240, 2016.

SIEGEL, J.A.; GILDERS, R.M.; STARON, R.S.;HAGERMAN, F.C. Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *J. Strength Cond. Res.*, v.16, p.173–178, 2002.

SJOGAARD, G.; ADAMS, R.P.; SALTIN, B. Water and ion shifts in skeletal muscle of humans with intense dynamic knee extension. *Am. J. Phys.* v.248, p.190–196, 1985.

SLAWINSKI, J. et al.. Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *J Strength Cond Res.*, v.24, n.4, p.896–905, 2010

SKOF, B.; STROJNIK, V. Neuro-muscular fatigue and recovery dynamics following anaerobic interval workload. *Int. J. Sports Med.*, Stuttgart, v.27, n.3, p.220–225, 2006

SOUZA, V.A.; BARRETO, R.V.; MANTOVANI, G.B.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S.; NOSAKA, K. ; LIMA, L.C.R. Effects of loaded plyometric exercise on post-activation performance enhancement of countermovement jump in sedentary men. *Research quarterly for exercise and sport*, 2022.

STARON, R.S.; HAGERMAN, F.C.; HIKIDA, R.S. et al. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *The journal of histochemistry and cytochemistry*, Bethesda, v.48, n.5, p.623-9, 2000.

STONE, M.H.; O'BRYANT, H.S.; GARHAMMER, J. A hypothetical model for strength training. *J Sports Med Phys Fitness*.,v. 21, p. 342–351, 1981.

STONE, M.H.; MOIR, G.; GLAISTER, M.; SANDERS, R. How much strength is necessary? *Phys Ther Sport* ,v.3, p.88–96, 2002.

STONE, M.H.; O'BRYANT, H.S.; MCCOY, L.; COGLIANESE, R.; LEHMKUHL, M.; SHILLING, B. Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J. Strength Cond. Res.* ,v.17,p.140–147. 2003.

STONE, M. H; et al. Maximum strength and strength training a relationship to endurance? *Strength Cond J*, v.28, p.44–53, 2006.

STUART, D.S.; LINGLEY, M.D.; GRANGE, R.W.; HOUSTON, M.E. .Myosin light chain phosphorylation and contractile performance of human skeletal muscle. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 66(1), p.49–54, 1988.

SUCHOMEL, T. J.; et al. Potentiation effects of half-squats performed in a ballistic or nonballistic manner. *J. Strength Cond. Res.* v.30, p.1652–1660, 2016.

SUGI, H. et al. Electron microscopic recording of myosin head power stroke in hydrated myosin filaments. *Sci. Rep.* v.5, 2015.

TABER, C.M.S et al. Roles of Maximal Strength and Rate of Force Development in Maximizing Muscular Power. *Strength and Conditioning Journal.*, v.38, n.1, p.72-78, 2016

TILLIN, N.A.; BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med.*, London, v. 39, n. 2, p. 147-166, 2009.

TOJI, H.; KANEKO, M.. Effect of multipleload training on the force-velocity relationship. *J Strength Cond Res*, v.18, p.792–795, 2004.

TSOLAKIS, C.; BOGDANIS, G. C.; NIKOLAOU, A.; ZACHAROYIANNIS, E. Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *J. Sports Sci. Med.*, Philadelphia, v. 10, n. 3, p. 577-583, 2011.

TUCKER, K. J.; TUNCER, M., TURKEY, K. S. A review of the H-reflex and M-wave in the human triceps surae. *Hum. Mov. Sci.*, v.24, p.667–688, 2005.

TURNER, A.; JEFFREYS, I. The Stretch-Shortening Cycle: Proposed Mechanisms and Methods for Enhancement. *Strength and Conditioning Journal.*, v.32, n.4, p.87-99, 2010.

VANDEWALLE, H.; PERES, G.; HELLER, J.; PANEL, J.; MONOD, H. Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. Correlation with the height of a vertical jump. *Eur J Appl Physio.*, v.56, p.650–656, 1987.

VUORIMAA, T.; VIRLANDER, R.; KURKILAHTI, P.; VASANKARI, T.; HÄKKINEN, K. Acute changes in muscle activation and leg extension performance after different running exercises in elite long distance runners. *Eur J Appl Physiol.*, Berlin, v.96, p.282–291, 2006.

WANG, L.; BAHADIR, A.; KAWAI, M. High ionic strength depresses muscle contractility by decreasing both force per cross-bridge and the number of strongly attached cross-bridges. *J. Muscle Res. Cell Motil.* , v.36, p.227–241, 2015.

WEYAND, P.G.; SANDELL, R.F.; PRIME, D.N.; BUNDLE, M.W. The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *J Appl Physiol.*, v.108, n.1985, p.950–961, 2010

WILKIE, D. R. The relationship between force and velocity in human muscle. *Journal of Physiology*, n.110, p.249–280, 1950.

WEST, D.; CUNNINGHAM, D.; BEVAN, H.; et al. Influence of active recovery on professional rugby union player's ability to harness postactivation potentiation. *J Sports Med Phys Fitness.*, v.53, n.2, p.203–8, 2013.

WEINECK, J. Manual de Treinamento Esportivo. São Paulo: Editora Manole, 1989.

WILSON, G.J.; ELLIOT, B.C.; WOOD, G.A. The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Hagerstown, v.23, n. 3, p.364-70, 1991.

WILSON, G.J.; NEWTON, R.U.; MURPHY, A.J.; HUMPHRIES, B.J.. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v.25,p.1279–1286, 1993

WILSON, J.M.; DUNCAN, N.M.; MARIN. P.J. et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J. Strength Cond. Res.*, Colorado Springs, v.27, n.3, p.854–9, 2013.

YAMAUCHI, J.; ISHII, N. Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *J Strength Cond Res.*,v.21,p.703–709,2007.

ZATSIORSKY, V.M.; KRAEMER, W.J. Science and Practice of Strength Training. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2006.

ZIMMERMANN, H.B; KNIHS, D.; DIEFENTHAELER, F. et al. Continuous Jumps Enhance Twitch Peak Torque and Sprint Performance in Highly Trained Sprint Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v.16, p.565-572, 2021.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - (TCLE) (Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)

Você está sendo convidado para participar de uma pesquisa de Mestrado intitulada “A influência do perfil de força-velocidade na responsividade à PAP e PAPE”, que será desenvolvida por Guilherme Beneduzzi Mantovani, RG 36.976.360-29, aluno do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, sob a orientação do Prof. Dr. Leonardo Coelho Rabello de Lima (Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo). O objetivo da pesquisa será investigar uma possível relação existente entre o perfil de força-velocidade (PFV, uma medida que representa o equilíbrio entre a sua força e a sua velocidade) e a responsividade à potencialização de desempenho pós-ativação (PAPE) e potencialização pós-ativação (PAP), dois fenômenos de melhora de desempenho após aquecimentos. Os objetivos específicos serão comparar a responsividade a esses fenômenos em grupos de indivíduos com diferentes PFV (i.e., deficiente em força, deficiente em velocidade ou apresentando equilíbrio entre força e velocidade).

Caso você aceite participar desta pesquisa, deverá se apresentar ao laboratório para a realização de 7 sessões de coletas. Cada sessão será separada por intervalos de pelo menos um dia, totalizando 4 semanas de duração da pesquisa. Na primeira sessão, você passará pelo processo de familiarização/reconhecimento dos protocolos (realizar alguns saltos, agachamentos com saltos e agachamentos), haverá coleta de informações suas, como nome, idade e estatura, assim como de dados antropométricos (dobras cutâneas, peso, comprimento do membro inferior e comprimento do membro inferior em 90° de flexão de joelho) e preenchimento do Questionário Internacional de Atividade Física Versão Curta. Ainda nessa sessão serão mensurados o seu pico de força evocado eletricamente e realizado o sorteio da ordem das sessões experimentais. Na segunda sessão, determinaremos seu PFV através da filmagem de um smartphone (iPhone SE, Apple, E.U.A.) e análise em um aplicativo. O PFV será determinado a partir de saltos, que serão iniciados em posição ereta com uma barra de 10 kg nas costas. A barra será a mesma durante todos os testes e contará com acolchoamento para melhor acomodação nas suas costas. Você agachará até uma profundidade padronizada e nela permanecerá por 2 segundos para, em seguida, saltar tão alto quanto conseguir. Este procedimento será repetido três vezes respeitando intervalos de 30 segundos entre saltos com a mesma carga. Uma vez completadas as três tentativas, você repousará sentado por três minutos e, em seguida, voltará a realizar o salto, porém com cargas maiores. A carga do salto será progredida em 20% da sua massa corporal a cada bloco de tentativas. Serão realizados um mínimo de cinco blocos de saltos com cargas progressivas para se determinar o PFV com precisão. Na terceira sessão, determinaremos sua carga de uma repetição máxima no exercício de agachamento livre. Os examinadores farão uma estimativa individualizada da carga inicial com a qual acreditam que você conseguirá realizar um agachamento máximo. Concluindo-se uma repetição com sucesso, serão respeitados três minutos de descanso e, em seguida a carga será aumentada para nova tentativa. Se você não conseguir realizar uma repetição com a nova carga, a anterior será definida como a carga de uma repetição máxima. Caso você não consiga realizar uma repetição com a primeira carga estimada, será respeitado um intervalo de três minutos de descanso e diminuída a carga até que você consiga realizar uma repetição. Será estabelecido um máximo de cinco tentativas na mesma sessão. Caso não seja possível determinar a carga de uma repetição máxima a partir das cinco tentativas, você descansará por pelo menos dois dias e retornará ao laboratório para mais tentativas até que a carga de uma repetição máxima seja determinada com sucesso.

A partir da quarta sessão, até a sétima, serão realizados os protocolos experimentais e de intervenção, na ordem que forem sorteados e definidos na primeira sessão. As sessões experimentais contarão com os seguintes procedimentos: 1) uma avaliação de desempenho em três

saltos será realizada, seguida por 15 minutos de recuperação. Após isso, serão realizadas três séries de três repetições de agachamento livre com uma carga próxima à sua máxima (4 minutos de descanso entre as séries). O desempenho em três saltos será reavaliado a cada 2 minutos até o 12º minuto pós-aquecimento. 2) uma série de 3 saltos será realizada, seguida por 15 minutos de recuperação. Após isso, será realizado um aquecimento padrão (cinco minutos de pedalada em intensidade fixa em uma bicicleta ergométrica, seguidos pela realização de três séries de três agachamentos livres sem sobrecarga com 30 segundos de intervalo entre as séries) e, em sequência, o desempenho em 3 saltos será avaliado a cada 2 minutos até o 12º minuto pós-aquecimento. 3) a força estimulada eletricamente em repouso será avaliada, seguida por 15 minutos de recuperação. Então, serão realizadas três séries de três repetições de agachamento livre com uma carga próxima à sua máxima (4 minutos de descanso entre as séries), e em seguida, a avaliação da força estimulada em repouso será repetida a cada 10 segundos, do 50º segundo até o 120º segundo, e depois ao 4º e 6º minuto pós-aquecimento 4) A força estimulada em repouso será avaliada, seguida por 15 minutos de recuperação. Então, será realizado um aquecimento padrão (consistirá em cinco minutos de pedalada em intensidade fixa na bicicleta ergométrica, seguidos pela realização de três séries de três agachamentos livres sem sobrecarga além daquela gerada pelo peso da própria barra (i.e., 10 kg), com 30 segundos de intervalo entre as séries), seguido pela avaliação da força estimulada eletricamente em repouso a cada 10 segundos, do 50º segundo até o 120º segundo e a cada 2 minutos, ao 4º e 6º minuto pós-aquecimento.

Os benefícios esperados e provenientes desse tipo de protocolo são fortalecimento dos membros inferiores, aprimoramento na capacidade de produção de força e potência, e melhora de desempenho neste exercício sob duas condições. Além disso, cada participante saberá qual seu perfil de força velocidade. Esta pesquisa possibilitará sabermos se um PFV específico tem maior influência sobre a produção de força das pernas, sabendo qual perfil resulta em resposta melhor ao aquecimento, o que pode vir a ser útil no futuro, em possíveis competições e protocolos de treinamento físico.

É necessário informá-lo dos riscos que envolvem esta pesquisa. Considerando que serão trabalhadas cargas máximas e submáximas, é possível a ocorrência dos sintomas de náuseas, tonturas e instabilidade da pressão arterial, devido à alimentação e respiração inadequada. Porém, haverá profissionais capacitados que irão instruí-lo a respirar corretamente e é recomendável que venha devidamente alimentado. Como serão utilizados estímulos elétricos no estudo, é possível que lesões teciduais leves ocorram. Para amenizar este risco, haverá profissionais qualificados que irão instruí-lo e conectá-lo corretamente aos equipamentos, minimizando os riscos. Durante a mensuração de uma repetição máxima, do PFV, e a realização das três séries de agachamentos, podem ocorrer lesões musculares, articulares, ósseas, além de dores musculares, principalmente nas pernas, lombar, ou na região cervical (pescoço), por estar em contato direto com a barra. Esses riscos podem vir a ocorrer devido à realização do exercício com postura incorreta, sobrecarregando regiões corporais e articulações indevidas, e também devido ao esforço excessivo. Esses riscos tendem a ser amenizados com as instruções corretas da realização do agachamento e do acompanhamento de profissionais treinados. Uma vez que o exercício de agachamento utiliza barra móvel, é necessário que você venha ao laboratório com um calçado apropriado (ex. tênis de corrida). O examinador responderá todas as suas dúvidas quanto à realização dos movimentos, demonstrando quantas vezes for preciso, oferecendo correções e auxiliando você até que seja alcançada a postura adequada. Os examinadores sempre estarão na posição de segurança atrás de você, para o caso de acontecer algum desmaio, náusea, falta de força, ou para o caso de você não aguentar carregar o peso, evitando que este caia sobre você. Além disso, no caso de ocorrências, o examinador se

responsabiliza por realizar os primeiros socorros e encaminha-lo prontamente para o pronto socorro mais próximo.

Considerando que haverá aplicação de questionário e gravação de vídeo, é possível que exista constrangimento, desconfortos, timidez e/ou exposição. Para minimizar tais situações o examinador irá direcioná-lo para um lugar privado e sem interferência de terceiros para realização da coleta, permitir que você tenha acesso ao material e às perguntas antes da gravação e, caso seja sua vontade, remarcar a coleta. O examinador aceitará sua solicitação de interrupção da gravação do procedimento em vídeo, se for o caso. Entretanto, pelo fato de o vídeo ser fundamental para a análise de dados, solicitar sua interrupção resultará no seu desligamento da pesquisa. Além disso, você poderá interromper a resposta ao questionário ou deixar de responder questões que possam causar constrangimentos e/ou desconfortos ou, se você não quiser emitir juízos, poderá solicitar que sejam retirados os seus dados da pesquisa, sem penalização alguma, mesmo após as coletas.

A qualquer momento, antes, durante ou após sua participação coloco-me à disposição para esclarecimentos sobre eventuais dúvidas que possam surgir com a pesquisa. Você terá sempre o acompanhamento e assistência de um membro do laboratório durante todos os testes que serão realizados e, caso haja qualquer dúvida, você pode questioná-lo a qualquer momento. Sua participação é voluntária e, portanto, poderá se recusar a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum dano ou penalização. Sua privacidade será assegurada, e é um direito seu a solicitação do uso de pseudônimos, quando for o caso. Seus dados coletados serão confidenciais e utilizados unicamente para fins acadêmico-científicos de consecução da pesquisa estabelecida nos termos do Laboratório de Avaliação da Performance Humana (LAPH), garantindo que a sua participação no estudo seja anônima e rigorosamente sigilosa. Para participar da pesquisa, não terá nenhuma despesa, bem como não terá qualquer tipo de remuneração e, portanto, não haverá necessidade de ressarcimento, sendo sua participação voluntária.

Se você se sentir suficientemente esclarecido sobre essa pesquisa, seus objetivos, eventuais riscos e benefícios, convido-o a assinar este Termo, elaborado em duas vias, sendo que uma ficará com você e a outra com o pesquisador.

Local: _____ Data: ____/____/____

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do Pesquisador Responsável

DADOS DA PESQUISA

Título do projeto: "A influência do perfil de força-velocidade na responsividade à PAP e PAPE".
Pesquisador Responsável: Guilherme Beneduzzi Mantovani

Cargo/função: Mestrando

RG:36.976.360-9

Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Rio Claro

Endereço: Avenida 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro – SP

Fone: 3526-9632

e-mail: guilherme.b.mantovani@unesp.br

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Coelho Rabello de Lima
Cargo/função: Professor Doutor 1
Instituição: Escola de Educação Física e Esporte de Riberão Preto – Universidade de São Paulo
Endereço: Av. Bandeirantes, 3900, Monte Alegre, Riberão Preto – SP
Fone: (19) 99668-5358
e-mail: leonardo.cr.lima@unesp.br

Dados sobre o participante da Pesquisa:

Nome: _____

Documento de

Identidade: _____ Sexo: _____

Telefone para contato: _____

Data de Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____

CEP-IB/UNESP-CRC

Av. 24A, nº 1515 – Bela Vista – 13506-900 – Rio Claro/SP

Telefone: (19) 35269678

Número do parecer: **CAAE**: 59101422.1.0000.5465