



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

ARTHUR LUZ DOS SANTOS

O EFEITO DE DIFERENTES TEMPOS DE FASE EXCÊNTRICA NA VELOCIDADE E  
NA POTÊNCIA DA FASE CONCÊNTRICA DO SUPINO PARALÍMPICO  
COMPETITIVO

Uberlândia

2023

ARTHUR LUZ DOS SANTOS

O EFEITO DE DIFERENTES TEMPOS DE FASE EXCÊNTRICA NA VELOCIDADE E  
NA POTÊNCIA DA FASE CONCÊNTRICA DO SUPINO PARALÍMPICO  
COMPETITIVO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

**Área de Concentração:** Engenharia Clínica, Desenvolvimento e Avaliação de Tecnologias em Saúde.

**Orientador:** Prof. Dr. Adriano Alves Pereira

**Coorientadora:** Dra. Bárbara Gama da Silva

Uberlândia

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S237  
2023

Santos, Arthur Luz dos, 1994-  
O efeito de diferentes tempos de fase excêntrica na  
velocidade e na potência da fase concêntrica do supino  
paralímpico competitivo [recurso eletrônico] / Arthur  
Luz dos Santos. - 2023.

Orientadora: Adriano Alves Pereira.

Coorientadora: Bárbara Gama da Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia Biomédica.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.337>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia biomédica. I. Pereira, Adriano Alves,  
1964-, (Orient.). II. Silva, Bárbara Gama da, 1990-,  
(Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.  
Pós-graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

CDU: 62:61

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica  
Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3N, Sala 115 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 3239-4761 - www.ppgeb.feelt.ufu.br - ppegb@feelt.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia Biomédica				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 098, PPGEB				
Data:	Vinte e um de julho de dois mil e vinte e três	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	11:05
Matrícula do Discente:	12012EBI001				
Nome do Discente:	Arthur Luz dos Santos				
Título do Trabalho:	O Efeito de Diferentes Tempos de Fase Excêntrica na Velocidade e na Potência da Fase Concêntrica do Supino Paralímpico Competitivo				
Área de concentração:	Engenharia Biomédica				
Linha de pesquisa:	Engenharia Clínica, Desenvolvimento e Avaliação de Tecnologias em Saúde				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Análise cinemática e efeito da cadência excêntrica no halterofilismo paralímpico				

Reuniu-se via web conferência pela plataforma Meet em conformidade com a RESOLUÇÃO CONPEP Nº 17, DE 09 DE JUNHO DE 2022, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, assim composta: Professores Doutores: Frederico Balbino Lizardo - ICBIM/UFU; Anselmo Alves de Oliveira - UNIARAXÁ; Adriano Alves Pereira - PPGEB/UFU orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Adriano Alves Pereira, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Anselmo Alves de Oliveira, Usuário Externo**, em 21/07/2023, às 11:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Frederico Balbino Lizardo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/07/2023, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Alves Pereira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/07/2023, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4667711** e o código CRC **445203D6**.

ARTHUR LUZ DOS SANTOS

O EFEITO DE DIFERENTES TEMPOS DE FASE EXCÊNTRICA NA VELOCIDADE E  
NA POTÊNCIA DA FASE CONCÊNTRICA DO SUPINO PARALÍMPICO  
COMPETITIVO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Uberlândia, 21 de julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Adriano Alves Pereira - UFU

---

Prof. Dr. Frederico Balbino Lizardo - UFU

---

Prof. Dr. Anselmo Alves de Oliveira - UNIRAXA

## **AGRADECIMENTOS**

A minha mãe, Egle Ribeiro da Luz, que sempre apoiou minhas escolhas.

Ao meu pai e coorientador, Silvio Soares dos Santos por estar sempre presente e disponível para os debates de aprofundamentos teóricos e práticos.

Aos meus irmãos por serem quem são.

Agradeço imensamente minha companheira Mariana, que esteve do meu lado durante todo esse processo. Acompanhou de perto meu anseio por concluir um bom trabalho. Presenciou todas dificuldades e felicidades nas pequenas conquistas. Sou grato também por ter revisado meu trabalho.

Ao meu orientador Dr. Adriano Alves Pereira pela oportunidade de estar neste projeto.

A minha maravilhosa coorientadora Dra. Bárbara Gama, que me mostrou o “caminho das pedras” da produção científica. Sem ela, nada teria acontecido.

Aos atletas da equipe de halterofilismo paralímpico de Uberlândia e ao técnico Weverton Santos, que tiveram participação fundamental nessa pesquisa.

Ao CPB por ter me dado a oportunidade de me tornar árbitro nacional de halterofilismo paralímpico durante o período do mestrado.

A todos amigos, professores e profissionais da área que debateram e me elucidaram tanto ao longo do desenvolvimento desse trabalho.

.

“Quando você quer alguma coisa, todo o universo conspira para que você realize  
o seu desejo”  
Paulo Coelho

“Quando a educação não é libertadora, o sonho do oprimido é ser o opressor”  
Paulo Freire

“Para mim, pessoas mesmo são os loucos, os que estão loucos para viver, loucos para falar,  
loucos para serem salvos, que querem tudo ao mesmo tempo, aqueles que nunca bocejam e  
jamais dizem coisas comuns”  
Jack Kerouac

## RESUMO

Diferentes tempos de execução são determinantes nos efeitos do desempenho dos movimentos. Inúmeras pesquisas já demonstraram que menores tempos de fase excêntrica apresentam melhores resultados na fase concêntrica. Porém, os estudos que investigaram essa questão no supino, foram realizadas sem pausa e critério técnico. O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito de diversos tempos de fase excêntrica na potência e velocidade da fase concêntrica no supino paraolímpico. Participaram 8 atletas do gênero feminino com idades entre 18 e 40 anos (média de  $28,3 \pm 6,5$ ), com força relativa média de  $1,4 \pm 0,5$  e 5 do gênero masculino com idades entre 25 e 45 anos (média de  $32,6 \pm 7,9$ ), com força relativa média de  $1,5 \pm 0,3$ . Os participantes foram conduzidos a executar 2 séries com 80% da carga de 1RM em diferentes cadências: A/0/X/0 (EXC<sub>ASP</sub>), A/P/X/0 (EXC<sub>AUT</sub>), 2/P/X/0 (EXC<sub>RAP</sub>), 4/P/X/0 (EXC<sub>MED</sub>), 6/P/X/0 (EXC<sub>LEN</sub>). Foi realizada, ainda, uma série com apenas fase concêntrica 0/0/X/0(CON<sub>PUR</sub>). A cinemetria revelou, como principais resultados, que quanto maior o tempo da fase excêntrica, piores resultados de velocidade e potências. Além disso, quando a fase excêntrica é maior ou igual a 2s e há pausa entre as fases, o efeito de potenciação do ciclo alongamento-encurtamento é atenuado praticamente em sua totalidade.

Palavras-chaves: Supino Paralímpico; Cinemetria; Ciclo alongamento-encurtamento; Biomecânica.

## ABSTRACT

Different execution times are determining factors in the performance effects of movements. Numerous studies have already demonstrated that shorter eccentric phase times yield better results in the concentric phase. However, the studies that investigated this issue in the bench press were conducted without pause and technical criteria. The aim of this study was analyze the effect of different eccentric cadences on power and velocity during the concentric phase in Paralympic bench press. Eight female athletes between 18 and 40 years of age (mean  $28.3 \pm 6.5$ ) with an average relative strength of  $1.4 \pm 0.5$  and five male athletes between 25 and 45 years of age (mean  $32.6 \pm 7.9$ ) with an average relative strength of  $1.5 \pm 0.3$  participated in the study. Participants performed two sets at 80% of 1RM with different cadences: A/0/X/0 (EXC<sub>ASP</sub>), A/P/X/0 (EXC<sub>AUT</sub>), 2/P/X/0 (EXC<sub>RAP</sub>), 4/P/X/0 (EXC<sub>MED</sub>), 6/P/X/0 (EXC<sub>LEN</sub>). An additional set with only concentric phase was performed 0/0/X/0(CON<sub>PUR</sub>). Kinematic analysis showed that longer eccentric phase times resulted in worse velocity and power outcomes. Moreover, when the eccentric phase is equal or longer than 2s and there is a pause between the phases, the potentiating effect of the stretch-shortening cycle is attenuated almost completely.

Keywords: Paralympic bench press, Kinematic analysis, Stretch-shortening cycle, Biomechanics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Sequência fotográfica do movimento de supino.....	22
Figura 2:	Salto sem contra movimento e salto com contra movimento.....	29
Figura 3:	Posicionamento da câmera para coleta de dados.....	37
Figura 4:	Marcador reflexivo acoplado na ponta da barra.....	37
Figura 5:	Calibração no software através de uma medida conhecida.....	41
Figura 6:	Rastreamento automático do deslocamento da barra.....	41

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1:	Ações musculares e articulares, principais grupos musculares e tipo de contração existente na fase preparatória do movimento de supino.....	22
Tabela 2:	Ações musculares e articulares, principais grupos musculares e tipo de contração existente na fase excêntrica do movimento de supino.....	23
Tabela 3:	Ações musculares e articulares, principais grupos musculares e tipo de contração existente na fase concêntrica do movimento de supino.....	23
Tabela 4:	Características da amostra.....	44
Tabela 5:	Tempo de pausa ( $\bar{X} \pm DP$ ).....	44
Tabela 6:	Tempo de fase excêntrica (média $\pm DP$ ).....	45
Tabela 7:	Comparações estatísticas entre os tempos de fase excêntrica.....	45
Tabela 8:	Velocidade Pico e Velocidade Média ( $\bar{X} \pm DP$ ) nas diferentes cadências.....	46
Tabela 9:	Comparação estatística de Velocidade Média entre as cadências.....	46
Gráfico 1:	Comparação estatística de Velocidade Média entre as cadências.....	47
Tabela 10:	Comparação estatística de Velocidade Pico entre as cadências.....	47
Gráfico 2:	Comparação estatística de Velocidade Pico entre as cadências.....	48
Tabela 11:	Potência Pico e Potência Média ( $\bar{X} \pm DP$ ) nas diferentes cadências.....	48
Tabela 12:	Comparação estatística de Potência Média entre as cadências.....	49
Gráfico 3:	Comparação estatística de Potência Média entre as cadências.....	49
Tabela 13:	Comparação estatística de Potência Pico entre as cadências.....	50
Gráfico 4:	Comparação estatística de Potência Pico entre as cadências.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAE	Ciclo alongamento-encurtamento
CEP/UFU	Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia
CON	Concêntrica
CON <sub>PUR</sub>	Concêntrica Pura
EXC	Excêntrica
EXC <sub>ASP</sub>	Excêntrica Autorregulada Sem Pausa
EXC <sub>AUT</sub>	Excêntrica Autorregulada
EXC <sub>LEN</sub>	Excêntrica Lenta
EXC <sub>MED</sub>	Excêntrica Média
EXC <sub>RAP</sub>	Excêntrica Rápida
MMII	Membros Inferiores
RM	Repetição Máxima
EE	Energia Elástica
CES	Componente elástico em série
CEP	Componente elástico em paralelo
TST	Tempo sob Tensão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>16</b>
1.1 Objetivo Geral .....	19
1.2 Objetivos Específicos .....	19
1.3 Organização da dissertação .....	19
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>21</b>
2.1 Anatomia e cinesiologia do supino.....	21
2.1.1 Fases do movimento .....	24
2.2 Ciclo alongamento encurtamento .....	27
2.3 A influência da fase excêntrica sob a fase concêntrica no supino.....	30
2.4 Supino competitivo.....	31
2.4.1 Especificidades do supino paralímpico competitivo .....	31
2.5 Método de avaliação cinemática: cinemetria .....	33
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
3.1 Caracterização da amostra .....	36
3.1.1 Critérios de elegibilidade.....	36
3.2 Ferramentas e técnicas.....	36
3.2.1 Cinemetria .....	36
3.2.2 Equipamentos utilizados durante a coleta de dados .....	38
3.3 Protocolo de coleta .....	38
3.3.1 Aquecimento e familiarização .....	38
3.3.2 Coleta de dados.....	40
3.4 Análise e processamento dos dados.....	40
3.5 Análise estatística .....	43
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
4.1 Características da amostra .....	44
4.2 Tempo de pausa e comparação entre os tempos de fase excêntrica .....	44

4.3 Efeito das cadências nas velocidades média e pico.....	45
4.4 Efeito das cadências nas potências média e pico.....	48
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
6.1 Limitações do estudo .....	55
6.2 Trabalhos futuros .....	56
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A história do esporte adaptado começa durante o fim da Segunda Guerra Mundial, época na qual muitos combatentes de guerra retornam aos seus países de origem com graves lesões. Esses combatentes se beneficiaram da evolução da medicina, que proporcionou a possibilidade de terem uma vida prolongada e assim, com uma vasta gama de veteranos feridos, tornou-se urgente a ideia de ressocialização desse grupo (LEGG, 2018).

Nesse cenário, o hospital de *Stoke Mandeville*, na Inglaterra, abriu uma ala inteira para pacientes com lesões de medula espinhal liderada pelo médico Dr. Ludwig Guttmann que, em 1944, iniciou diversas atividades esportivas no contexto da reabilitação, tornando-se uma das grandes referências em reabilitar e ressocializar pessoas com deficiências (LEGG, 2018).

Em julho de 1948, Dr. Guttmann promoveu uma pequena competição de arco e flecha, na mesma data da cerimônia de abertura dos jogos olímpicos de Londres. Quatro anos depois, em 1952, aconteceu a primeira edição dos Jogos de Stoke Mendeville, com veteranos da Holanda disputando o primeiro torneio internacional. Em 1960, os Jogos de Stoke Mendeville foram sediados em Roma na Itália, que também recebia naquele ano os Jogos Olímpicos de Verão. Posteriormente o evento foi reconhecido como a primeira paralimpíada da história (LEGG, 2018).

Com o decorrer dos anos, outras deficiências que não estavam ligadas a lesão de medula espinhal foram incluídas no esporte paralímpico. Em 1976, foi a primeira vez que amputados e pessoas com deficiência visual puderam participar. Em 1980 paralisados cerebrais também foram incluídos na competição (LEGG, 2018).

Posteriormente, houve um esforço das entidades organizadoras para que os Jogos Paralímpicos coincidisse com o local das olimpíadas e, em 1988, a partir dos jogos em Seoul, na Coreia do Sul, ambos passaram a ser sediados exatamente na mesma cidade, compartilhando a estrutura e tendo cerimônias de abertura e fechamento equiparáveis. Esse foi o início dos jogos paralímpicos modernos (LEGG, 2018).

No Brasil, o esporte para pessoas com deficiência chegou através de brasileiros que faziam tratamento médico nos EUA. O atleta cadeirante Robson Sampaio de Almeida e seu técnico Aldo Miccolis fundaram, em 1958 no Rio de Janeiro o primeiro clube de esporte adaptado no país, o Clube do Otimismo. O Brasil teve sua primeira participação

em Jogos Paralímpicos na Alemanha, em 1972, mas só conquistou sua primeira medalha quatro anos mais tarde, em Toronto (CPB, 2014).

Dentro das modalidades paralímpicas, o *Para Powerlifting* é um esporte adaptado que consiste em, a partir da posição de decúbito dorsal sobre um banco, descer uma barra com anilhas laterais até o peito e erguê-la novamente até o ponto de início, com o maior peso possível. Essa modalidade teve início nos Jogos Paralímpicos de Verão de 1964, em Tóquio, com o nome de levantamento de peso paralímpico (*paralympic weightlifting*), do qual apenas homens com lesão de medula espinhal participavam. A partir de então, houve uma importante transição no esporte, marcada pela modificação de regras que fez com que a modalidade paralímpica se assemelhasse ainda mais ao levantamento básico tradicional, denominado como halterofilismo paralímpico (*Para Powerlifting*).

Nos anos 2000, na Paralimpíada de Atenas, outras deficiências e a categoria feminina foram incluídas no esporte. Hoje, participam da modalidade pessoas com deficiência de membros inferiores, baixa estatura e paralisados cerebrais. O Brasil estreou no halterofilismo paralímpico em Atlanta (1996), com o atleta Marcelo Motta e hoje conta com atletas em todo território nacional (CPB, 2014).

Marcado pelo crescimento dos Jogos Paralímpicos, pode-se afirmar que o esporte adaptado vem se desenvolvendo em diversos âmbitos ao longo dos anos. Outros dados que sustentam essa máxima são: o aumento exponencial do número de praticantes em diferentes países, a criação de novas modalidades e a inclusão de uma gama maior de deficiências. Além disso, é possível notar uma ampliação da visibilidade midiática e a criação de órgãos responsáveis. Assim, o esporte para pessoas com deficiência deixa de ser visto apenas com uma atividade de cunho terapêutico para também se tornar esporte de alto rendimento (GOLD; GOLD, 2007).

Mesmo com este prognóstico positivo de crescimento e mudança de entendimento do paradesporto, a quantidade de pesquisas relacionadas ao desempenho em atletas paralímpicos é significativamente menor se comparadas a quantidade de pesquisas com atletas olímpicos (FLETCHER; GALLINGER; PRINCE, 2021). Entende-se a pesquisa no esporte de alto rendimento como uma ferramenta de desenvolvimento e construção do atleta de elite, seja no planejamento e execução de melhores métodos, técnicas de treinamento e análise de movimento, seja em um melhor planejamento dietético e apoio psicológico especializados. Por isso, a pesquisa no esporte paralímpico se reveste cada vez mais de importância devendo acompanhar, direcionar e dinamizar seu crescimento para além do aumento quantitativo da prática, sobretudo desenvolvendo a sua qualidade

por meio da geração de novos conhecimentos nas diferentes áreas das ciências do esporte.

O desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas especificamente para esse público, assim como novos métodos, processos e meios de treinamento, são alguns dos inúmeros benefícios experimentados por essa população. Isto porque, devido as suas características próprias, conteúdos oriundos dos esportes olímpicos tradicionais se fazem incoerentes e desajustados, não podendo serem importados e aplicados.

Além disso, as avaliações físicas em atletas são fundamentais para compreender a real condição do indivíduo no momento em que são realizadas. Tais avaliações são sugeridas com base nas características específicas do esporte praticado e, a partir dos resultados obtidos, é possível desenvolver um programa de treinamento adequado. Na literatura científica existem diversos testes validados que permitem a avaliação das competências físicas de um atleta, tais como força, potência, resistência, flexibilidade e capacidade cardiorrespiratória.

Além do movimento do supino ser considerado uma modalidade esportiva em si e ser utilizado nas mais diversas modalidades esportivas como parte de treinamentos auxiliares (KRAEMER; RATAMESS, 2004; YOUNG, 2006), é também frequentemente utilizado em testes de uma repetição máxima (1RM), que têm como objetivo determinar a maior massa que um indivíduo é capaz de levantar em um exercício específico, executando apenas uma repetição correta e completa do movimento. Esse teste ainda é amplamente utilizado por ser relativamente fácil e barato de ser realizado, sem a necessidade de equipamentos caros ou um laboratório (KRAEMER, 2006), além de ser padrão ouro para mensuração de força muscular (LEVINGER et al., 2009). Como alternativa de um teste de força máxima com uma repetição, diversas equações já foram desenvolvidas para estimar o máximo desempenho através de uma série máxima com número de repetições maior que uma (BRZYCKI, 1993; GUANABARA et al., 1992, 1998; LESUER et al., 1997; REYNOLDS; GORDON; ROBERGS, 2006).

Assim, a partir desta breve contextualização histórica e teórica do cenário paralímpico, esse trabalho busca contribuir para o aumento de pesquisas na área do paradesporto, analisando os aspectos cinemáticos e dinâmicos do movimento de supino paralímpico, com o intuito de preencher algumas lacunas de conhecimento importantes, ainda existentes nessa área.

### **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é analisar o efeito de diversos tempos de fase excêntrica, na potência e velocidade da fase concêntrica no supino paralímpico competitivo.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Com a intenção de alcançar o objetivo principal desta dissertação, foram estipulados os objetivos específicos, listados a seguir:

- Analisar o movimento de supino paralímpico sob o ponto de vista biomecânico;
- Verificar a influência de diferentes tempos de fase excêntrica na velocidade média, na velocidade pico, na potência média e na potência pico geradas na barra na fase concêntrica;
- Verificar se a cinemática da barra se assemelha à descrita na literatura;

### **1.3 Organização da dissertação**

A primeira etapa deste trabalho, descrita no Capítulo 2, consiste na fundamentação teórica, que aborda a biomecânica e fisiologia do movimento de supino, especificidades do movimento competitivo paralímpico e suas regras, além do método de cinemetria de avaliação cinemática.

O Capítulo 3 é composto pelos materiais e métodos que, inicialmente, apontam informações relevantes sobre o processo metodológico. Logo em seguida, são exibidos a caracterização da amostra e os critérios de elegibilidade. Posteriormente são apresentados os equipamentos e técnicas desenvolvidas para avaliação, bem como os procedimentos de familiarização, de coleta de dados, as análises e o processamento dos dados e, por fim, a estatística utilizada na dissertação.

Os resultados da pesquisa podem ser observados na quarta parte. As características dos sujeitos, tempo de pausa, comparação entre os tempos de fase excêntricas, efeitos das cadências nas velocidades média e pico e nas potências média e pico estão demonstradas nesse capítulo. As principais diferenças entre os dados foram apresentadas através dos testes estatísticos convenientes.

O Capítulo 5 apresenta a discussão por meio de uma análise crítica e interpretação dos resultados, bem como a comparação dos resultados com outros estudos e

apontamento das implicações práticas. Por fim, o Capítulo 6 traz as conclusões desse trabalho e sugestões de novos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, é realizado o aprofundamento das informações-chave relacionadas à presente pesquisa. Inicia-se com a conceituação do movimento de supino, abordando aspectos anatômicos e cinésiológicos, bem como as fases do movimento e suas interações. Além disso, é apresentada uma análise do ciclo alongamento-encurtamento. Em seguida, é realizada uma investigação sobre a especificidade do movimento de supino competitivo paralímpico, incluindo suas regras. Por fim, a cinemetria é introduzida como um método de análise cinemática.

### 2.1 Anatomia e cinesiologia do supino

O movimento de supino é um exercício de natureza dinâmica que, à partir da posição do corpo em decúbito dorsal totalmente apoiado em um banco, com os ombros flexionados em até 90° e os cotovelos estendidos tendo apoiada sobre as mãos, uma barra, em cujas extremidades encontram-se anilhas com massas idênticas, apoiadas sobre as mãos. O movimento consiste em ceder à resistência dessa carga externa (ação excêntrica) até que a barra toque no peito do executante quando inicia-se o movimento contrário (ação concêntrica) com aplicação de força suficiente para elevar o conjunto barra-anilhas por meio de uma adução horizontal dos ombros e simultânea extensão dos cotovelos, finalizando quando a barra atinge o ponto inicial do movimento. Na figura 1, um atleta paralímpico desempenha o movimento de supino: na fileira superior o atleta está realizando a ação excêntrica, de descida da barra e na fileira inferior a ação concêntrica, de subida da barra até a posição inicial.

**Figura 1** – Sequência fotográfica do movimento de supino.

Fonte: o autor.

As principais musculaturas envolvidas nesta tarefa são o Peitoral Maior, Tríceps Braquial e Deltoide Anterior. O Peitoral Maior com auxílio do Deltoide Anterior executam, durante o exercício, os principais movimentos do supino: a abdução e adução horizontal do ombro enquanto o Tríceps Braquial realiza, principalmente, a flexão e extensão do cotovelo (RODRÍGUEZ-RIDAO et al., 2020).

Porém, o desenvolvimento de uma ação motora não depende apenas da ativação das musculaturas agonistas do movimento, mas também da sincronia entre diversas musculaturas durante a execução do movimento. As tabelas 1, 2 e 3 apresentam os principais grupos musculares, suas ações e tipo de contração durante a execução do supino, divididas entre as fases preparatória, excêntrica e concêntrica, respectivamente:

**Tabela 1:** Ações musculares e articulares, principais grupos musculares e tipo de contração existente na fase preparatória do movimento de supino.

<b>Ação muscular e articular</b>	<b>Principais grupos musculares</b>	<b>Tipo de contração</b>
Antebraço na posição de pronação	Pronador Quadrado	Isométrica
Flexão dos dedos	Flexor Profundo dos dedos, Flexor Superficial dos dedos	Concêntrica
Extensão do cotovelo	Tríceps Braquial, Ancôneo	Isométrica
Hiperextensão da coluna	Eretores da espinha, Esplênios e Suboccipitais	Concêntrica
Rotação lateral dos ombros	Deltoide, Infra-espinhal, Redondo Menor	Concêntrica
Retração das escápulas	Trapézio, Romboide Maior, Romboide Menor e Grande Dorsal.	Concêntrica

Fonte: adaptado de (SILVA, 2015)

**Tabela 2:** Ações musculares e articulares, principais grupos musculares e tipo de contração existente na fase excêntrica do movimento de supino.

<b>Ação muscular e articular</b>	<b>Principais grupos musculares</b>	<b>Tipo de contração</b>
Antebraço na posição de pronação	Pronador Quadrado	Isométrica
Flexão dos dedos	Flexor Profundo dos dedos, Flexor Superficial dos dedos	Isométrica
Extensão de ombro	Peitoral Maior, Latíssimo do Dorso, Redondo Maior, Deltoide	Excêntrica
Abdução horizontal do ombro	Peitoral Maior, Deltoide anterior	Excêntrica
Flexão de cotovelo	Tríceps Braquial, Ancôneo	Excêntrica
Hiperextensão da coluna	Eretores da espinha, Esplênios e Suboccipitais	Isométrica
Rotação lateral dos ombros	Deltoide, Infra-espinhal, Redondo Menor	Isométrica
Retração das escápulas	Trapézio, Romboide Maior, Romboide Menor e Grande Dorsal.	Isométrica

Fonte: adaptado de (SILVA, 2015)

**Tabela 3:** Ações musculares e articulares, principais grupos musculares e tipo de contração existente na fase concêntrica do movimento de supino.

<b>Ação muscular e articular</b>	<b>Principais grupos musculares</b>	<b>Tipo de contração</b>
Antebraço na posição de pronação	Pronador Quadrado	Isométrica
Flexão dos dedos	Flexor Profundo dos dedos, Flexor Superficial dos dedos	Isométrica
Flexão de ombro	Peitoral Maior, Latíssimo do Dorso, Redondo Maior, Deltoide	Concêntrica
Adução horizontal do ombro	Peitoral Maior, Deltoide anterior	Concêntrica
Extensão de cotovelo	Tríceps Braquial, Ancôneo	Concêntrica
Hiperextensão da coluna	Eretores da espinha, Esplênios e Suboccipitais	Isométrica
Rotação lateral dos ombros	Deltoide, Infra-espinhal, Redondo Menor	Isométrica
Retração das escápulas	Trapézio, Romboide Maior, Romboide Menor e Grande Dorsal.	Isométrica

Fonte: adaptado de (SILVA, 2015)

Para alcançar a máxima eficiência em uma tarefa de força, é fundamental coordenar as musculaturas envolvidas no movimento. Nesse sentido, a musculatura agonista deve ter uma contração máxima, com suporte das musculaturas sinergistas e estabilizadoras, além de uma ativação mínima da musculatura antagonista (SALE, 1983). De acordo com um estudo de Kristiansen et al., (2015), no supino, a ativação das musculaturas sinergistas depende do nível de treinamento do praticante que executa o movimento. Indivíduos mais treinados apresentam uma contribuição maior dessas musculaturas sinergistas, gerando uma otimização da ativação muscular durante o exercício.

No supino, a resposta neuromuscular pode ser afetada por variações no movimento, tais como alterações na angulação do banco e nas posições das pegadas na barra. Essas variações podem modificar a contribuição de cada grupo muscular e a mecânica do movimento, influenciando a resposta da atividade neuromuscular (RODRÍGUEZ-RIDAO et al., 2020).

Além das variações mencionadas, a atividade elétrica de cada músculo envolvidos no exercício de supino pode variar em resposta a diferentes velocidades de execução (SAKAMOTO; SINCLAIR; MORITANI, 2012), intensidades (SCHOENFELD et al., 2016), durante as fases do movimento (VAN DEN TILLAAR; SAETERBAKKEN; ETTEMA, 2012) e condições de base instável (NORWOOD et al., 2007). De acordo com uma revisão sistemática realizada por Stastny et al., (2017), foi observado que o Tríceps Braquial é a musculatura mais impactada quando exposta a essas variações do exercício. Além disso, na maioria dos casos, os sinais elétricos do Peitoral Maior e do Tríceps Braquial são predominantes em relação ao Deltoide Anterior.

Com olhar voltado especificamente ao exercício de supino paralímpico, dois estudos foram realizados para monitorar a atividade elétrica muscular. Os resultados indicaram uma alta atividade muscular do Peitoral Maior, Tríceps Braquial e Deltoide Anterior, que corroboram com resultados de estudos similares realizados em indivíduos hígidos. Ademais, ambos os estudos identificaram diferenças nos padrões de atividade elétrica muscular quando os participantes foram expostos a diferentes intensidades (BORGES et al., 2014; GUERRA et al., 2022).

### **2.1.1 Fases do movimento**

Nos exercícios básicos do treinamento de força existem duas principais fases (ações musculares): a fase excêntrica (EXC) e concêntrica (CON). A primeira (EXC) se refere ao momento em que a musculatura agonista se alonga, devido à produção de um torque menor que aquele produzido pela resistência externa imposta e, a segunda (CON), ao período em que essa musculatura se encurta produzindo um torque maior que a aquele produzido pela resistência externa imposta. Além dessas ações, quando o torque produzido pelo músculo é igual ao da resistência externa, não há movimento, sem alongamento ou encurtamento da musculatura e, assim, se torna uma ação isométrica (FRY, 2004).

No movimento de supino, a fase excêntrica acontece primeiro, caracterizada pela

descida da barra até o tórax do praticante, seguida pela fase concêntrica que acontece quando a barra é empurrada para cima até a posição inicial. O supino competitivo ainda conta com uma pequena pausa entre as fases, caracterizada uma rápida ação muscular isométrica. Dentro dessas fases existe uma literatura abrangente que analisa as respostas mecânicas e fisiológicas de cada uma delas, expostas a diferentes estímulos. Serão apresentadas a seguir, as informações mais relevantes sobre a temática do presente trabalho.

### **Aspectos da fase excêntrica**

É fundamental entender que o custo energético de uma contração muscular é aproximadamente igual ao custo de produção da força mais o custo adicional do trabalho produzido (FENN, 1924). Assim sendo, o custo de energia para produzir magnitude e duração de forças idênticas é menor durante o trabalho contrátil excêntrico (LINDSTEDT; LASTAYO; REICH, 2001; LINDSTEDT et al., 2002; RASSIER; HERZOG, 2002).

Existe uma maior capacidade de produção de força no momento em que o músculo desempenha ações excêntricas quando comparado a ações isométricas e concêntricas (ABBOTT; AUBERT, 1952; FENN, 1924; KATZ, 1939). Portanto, é possível suportar uma carga maior (kg) durante ações excêntricas do que em ações concêntricas. Estudos apontam que a diferença entre a maior carga possível em ações excêntricas comparada a concêntricas fica em torno de 20-60%(HOLLANDER et al., 2007). Contudo, trabalhos que investigaram essas ações através de eletromiografia mostram, também, um menor recrutamento de unidades motoras, mesmo em ações com máxima contração. (GRABINER; OWINGS, 2002; MORITANI; MURAMATSU; MURO, 1987). Essa produção de força aumentada ainda é discutida e sem um consenso na literatura, pois a teoria das “pontes cruzadas” (HUXLEY, 1957, 1975), que detalha os processos celulares e moleculares da contração muscular, amplamente aceita na comunidade científica, não consegue explicar esse fenômeno.

Existe ainda uma literatura abrangente sobre os efeitos agudos e crônicos do treinamento excêntrico, que são aqueles em que essa ação é priorizada dentro da sessão e pode-se utilizar cargas acima de 100%. Esses trabalhos apontam como principal resultado, um ótimo potencial para o desenvolvimento de força inclusive para indivíduos em reabilitação (CULLINANE; BOOCOCK; TREVELYAN, 2014; KOMI; KOMI;

BUSKIRK, 1972; LASTAYO et al., 2014). Ao mesmo tempo, não existem evidências suficientes para afirmar que os resultados são superiores ao treinamento concêntrico-excêntrico (FLECK; KRAEMER, 2017).

Em relação ao desenvolvimento de potência, pela impossibilidade de imprimir velocidade durante o treinamento excêntrico, esse tipo de atividade não é a mais indicada para desenvolver essa valência (FLECK; KRAEMER, 2017). Sobre o efeito hipertrófico do músculo em treinamentos que priorizam a fase excêntrica, uma revisão de literatura com meta análise aponta não haver diferença estatística entre treinamentos excêntricos e excêntrico-concêntrico (SCHOENFELD et al., 2017).

Além disso, as contrações excêntricas recrutam maior número de fibras do tipo II, que são chamadas de fibras de contração rápida por terem uma alta atividade ATPase. Além de possuírem outras duas subdivisões: IIa (oxidativas-glicolíticas) e IIX (glicolíticas). Essas fibras, de modo geral e, principalmente a do tipo IIX, exercem uma contração mais rápida e com maior tensão. Porém, elas são mais sensíveis e sofrem mais rápido com o processo de fadiga, se comparadas às fibras do tipo I (oxidativas) (SILVERTHORN, 2010). Assim, associado ao fato da ocorrência de um menor recrutamento de unidade motoras, essas fibras ficam mais suscetíveis a micro lesões adaptativas (LIEBER; FRIDEN, 2002; LIEBER; FRIDÉN, 1999). Portanto, em decorrência de um maior estresse sobre um menor número de unidades motoras em fibras mais sensíveis, pode existir um aumento de dor muscular tardia, inchaço muscular, diminuição da força e aumento de outros marcadores de fadiga (PEAKE et al., 2017).

### **Aspectos da fase concêntrica**

Durante a fase concêntrica de uma repetição bem-sucedida em alta intensidade no supino, há um momento em que a barra desacelera significativamente ou até mesmo pausa momentaneamente antes de continuar o movimento (MADSEN, NELS; THOMAS, 1984). Essa primeira queda de velocidade é chamada na literatura científica de período de *sticking* ou região de *sticking*, determinada justamente pelo período de diminuição da velocidade a partir do seu primeiro pico, até o início do aumento da mesma. Existem evidências de uma maior probabilidade de falha no movimento nessa região (ELLIOTT; WILSON; KERR, 1989; NEWTON et al., 1997). Vale pontuar ainda que o período anterior, de aumento de velocidade, logo no início da fase é chamado de região de pré-

*sticking* e, o período após, no qual há um segundo aumento de velocidade, é chamado de região de pós-*sticking* (VAN DEN TILLAAR; ETTEMA, 2010).

A fim de entender os mecanismos que geram a região de *sticking*, os pesquisadores Van den Tillar et al. (2012) realizaram um trabalho com 12 indivíduos com pelo menos 1 ano de experiência no treinamento de força. Os autores compararam a força produzida na barra durante o supino, em uma repetição máxima (1RM), com a força isométrica em 12 posições diferentes na fase concêntrica, com o intuito de avaliar as posições sem o efeito potencializador que a fase excêntrica gera. Comparando os resultados, descobriram que o ponto de início da região de *sticking* era o mesmo ponto de menor força isométrica produzida. Concluíram, assim, que na região de *sticking* existe uma posição mecanicamente desfavorável pelo aumento do braço de momento dos músculos envolvidos e não pela diminuição do efeito de potencialização e ativação muscular atrasada, como propunham em outro estudo (VAN DEN TILLAAR; ETTEMA, 2010). Essa conclusão corrobora com a hipótese anterior de McLaughlin e Madsen (1984) e Elliott et al., (1989).

A região de *sticking* começa logo após o início da fase concêntrica, entre 2-6cm do esterno, e se encerra entre 11-13cm do mesmo ponto, oscilando seu início entre 0,2s e 0,34s e com possibilidade de durar até 1s. (ELLIOTT; WILSON; KERR, 1989; LANDER et al., 1985; MADSEN, NELS; THOMAS, 1984; MCLAUGHLIN; MADSEN, 1984; VAN DEN TILLAAR; ETTEMA, 2010; VAN DEN TILLAAR; SAETERBAKKEN; ETTEMA, 2012; WILSON; ELLIOTT; KERR, 1989).

## **2.2 Ciclo alongamento encurtamento**

O ciclo alongamento encurtamento (CAE) é um fenômeno que ocorre durante o processo de contração muscular, no qual o tecido muscular é inicialmente alongado, gerando tensão excêntrica, antes de ocorrer a subsequente contração concêntrica (KOMI, 1984). Esse processo promove o armazenamento de energia elástica (EE) nos músculos e tendões, que é posteriormente liberada durante a contração muscular concêntrica. O CAE é utilizado em diversas ações esportivas, como correr, saltar e arremessar, que utilizam desse acúmulo energético próprio dos componentes elásticos do músculo.

Para uma compreensão do papel da EE, é essencial considerar o modelo mecânico da função muscular proposto por Hill, (1938). O autor dividiu a força muscular em três componentes distintos: o componente contrátil, formado pelo complexo actina-miosina;

o componente elástico em paralelo (CEP), composto por sarcolema e fásia muscular; e o componente elástico em série (CES), composto por pontes cruzadas, proteínas estruturais e tendões.

O CEP é responsável pela manutenção da estrutura muscular, opondo resistência ao movimento quando esticamos um músculo relaxado. Sua contribuição para o armazenamento de energia mecânica e geração de força propulsiva é limitada. Em contrapartida, o CES é tensionado durante a contração muscular ativa, permitindo um significativo armazenamento de energia, especialmente quando ocorre um estiramento de forma rápida (EDMAN; ELZINGA; NOBLE, 1978, 1982; KUBO; KAWAKAMI; FUKUNAGA, 1999). Embora o tendão seja considerado o principal componente do CES, uma vez que ele é capaz de se esticar, armazenar e liberar energia, (KUBO; KAWAKAMI; FUKUNAGA, 1999; LICHTWARK; WILSON, 2007), outros elementos também têm importância reconhecida.

Durante a ação excêntrica do movimento, parte da energia mecânica gerada na produção de trabalho negativo é absorvida e armazenada na forma de energia potencial elástica no CES que é liberada durante a contração concêntrica (FARLEY, 1997). Essa EE armazenada nos tendões desempenha um papel essencial no CAE, no qual o retorno elástico do tendão aumenta tanto a potência gerada quanto a eficiência energética durante o movimento (KOMI, 1986; KUBO; KAWAKAMI; FUKUNAGA, 1999; LICHTWARK; WILSON, 2007). Por outro lado, diferentemente do tendão, o tecido muscular não possui eficiência no armazenamento e liberação de energia. Ainda assim, devido à disposição em série do músculo e do tendão, ambos são submetidos às mesmas forças. A distribuição de energia armazenada depende da deformação no tecido, o que está diretamente relacionado à sua rigidez (*stiffness*) e complacência, pois haverá maior acúmulo de EE em estruturas mais rígidas (CALDWELL, 1995; ETTEMA; HUIJING, 1989).

Assim, como resultado da habilidade superior do tendão em armazenar e liberar energia, um dos objetivos dos programas de treinamento de atletas deve ser a transferência ideal da energia potencial gerada por um pré-estiramento para essas estruturas, que é maximizada por meio do desenvolvimento da rigidez muscular durante o pré-estiramento (TURNER; JEFFREYS, 2010).

É importante ressaltar que um desempenho aprimorado em ações EXC-CON tem sido explicado não apenas pelo acúmulo de energia potencial elástica, mas também pela

maior ativação muscular imediatamente antes da fase concêntrica (BOBBERT; CASIUS, 2005) e o reflexo de estiramento, que aumenta a eficiência do CAE (KOMI, 1986, 1984). Essa hipótese fundamenta-se nas estruturas auxiliares do controle motor: os fusos musculares, responsáveis por detectar o aumento no grau de alongamento entre o músculo e o tendão, desencadeando uma resposta reflexa de proteção, e os órgãos tendinosos de Golgi, que identificam o aumento na tensão muscular e desencadeiam, como mecanismo de proteção, o relaxamento dessas musculaturas.

Na pesquisa científica, quando o objetivo é estudar o efeito do CAE no movimento esportivo, uma metodologia utilizada é a comparação de movimentos idênticos EXC-CON com o puramente concêntrico. Um estudo clássico conduzido por Komi e Bosco (1978) investigou o desempenho do salto sem contra movimento, ou *Squat Jump* (SJ) e do salto com contra movimento, ou *Counter Movement Jump* (CMJ). O SJ consiste em iniciar o salto a partir de uma posição estática de meio agachamento, com aproximadamente 90° de flexão dos joelhos, e executar apenas a fase CON. Por outro lado, o CMJ emprega o movimento de EXC-CON com a máxima velocidade possível (Figura 2).

**Figura 2** – Salto sem contra movimento e salto com contra movimento.



Fonte: O Autor.

Os resultados, analisados através da curva força-velocidade, revelaram uma maior produção de força e altura de salto no CMJ em comparação com o SJ. Essa diferença sugere que a utilização do CAE durante o movimento do CMJ pode ter contribuído para o melhor desempenho observado. Outros estudos também encontraram diferenças significativas entre os dois saltos (ANDERSON; PANDY, 1993; BAKER, 1996; BOBBERT et al., 1996).

Especificamente no supino, pesquisas apontaram diferenças importantes entre supino puramente concêntrico e supino EXC-CON. Nos estudos de Wilson (1991) e Van

den Tillaar (2013), uma diferença na força de aproximadamente 15% foi encontrada através do teste de 1RM entre os dois levantamentos. Além disso, no movimento puramente concêntrico, uma menor ativação muscular foi observada através de eletromiografia nos principais músculos envolvidos no supino, indicando que nesse tipo de levantamento, a ativação muscular não é máxima apesar da maior massa possível estar sendo levantada (VAN DEN TILLAAR; ETTEMA, 2013). Assim, quando o CAE é aplicado de forma apropriada, a ação muscular excêntrica otimiza o desempenho subsequente durante a ação concêntrica, em comparação com o desempenho alcançado por meio da execução puramente concêntrica (CAVAGNA, 1977; GREGORY J. WILSON BRUCE C, 1991; VAN DEN TILLAAR; ETTEMA, 2013; WILSON; WOOD; ELLIOTT, 1991).

### **2.3 A influência da fase excêntrica sobre a fase concêntrica no supino**

Conforme explanado no tópico anterior, a musculatura é capaz de gerar uma força potencial elástica através do acúmulo de energia gerada durante uma contração excêntrica. É importante ressaltar que para uma melhor utilização do CAE, a fase de estiramento (EXC) deve ser realizada em maiores velocidades. Assim, parece razoável pensar que possa existir uma influência da fase EXC sobre a CON, afetando diretamente o desempenho de um determinado movimento.

Existem trabalhos na literatura científica que pesquisaram especificamente como variações de tempo da fase EXC podem influenciar no desempenho de velocidade e potência da fase CON no supino. Em um estudo de Wilk et al., (2019), foram avaliados 33 homens saudáveis e com experiência em treinamento de força em duas diferentes cadências no supino não competitivo. Após uma sessão de familiarização e teste de 1RM, os mesmos realizaram outras duas sessões experimentais realizando 3 séries de 1 repetição com 70%1RM, com fase excêntrica de 2 segundos e 6 segundos. Como resultados, houve diferença significativa entre o desempenho de velocidade média e velocidade pico, bem como de potência média e potência pico, quando comparadas as duas cadências pesquisadas, concluindo que com maior tempo de descida, atenua-se o desempenho do levantamento. Na pesquisa de Gepfert et al., (2021) que avaliou o tipo de pegada na barra (aberta e fechada) associada ao tempo de fase excêntrica, nas respostas de velocidade e potência, concluiu-se que independentemente do posicionamento das mãos na barra, o fator primordial de atenuação do movimento é o maior tempo de

execução da fase excêntrica. Outros estudos mostraram que quanto maior o tempo de fase excêntrica no supino, pior o desempenho em teste de força máxima (HEADLEY et al., 2011; WILK et al., 2020b, 2020a).

Nenhuma literatura foi encontrada sobre essa temática em atletas de alto rendimento de *Powerlifting* tradicional ou paralímpico, que utilizam do supino competitivo com técnica e pausa entre fase excêntrica e concêntrica, comprometendo a energia potencial elástica e, possivelmente, alterando os resultados.

## **2.4 Supino competitivo**

O supino competitivo, difere das outras formas de desenvolver o movimento primeiramente pela posição corporal durante o movimento: um arco acentuado é realizado através da hiperextensão da coluna juntamente com a retração da escápula que permanece em isometria durante toda a execução.

No movimento, o competidor ao sacar a barra do suporte (com ou sem ajuda do auxiliar central), deve descer a mesma controladamente até a altura do peito, não sendo permitido pressionar a caixa torácica com intuito de realizar um efeito rebote, e mantê-la sem movimento por alguns instantes. Logo após deve empurrar a barra até estender completamente os cotovelos e retornar à posição inicial. A prova é finalizada com um sinal do árbitro para guardar a barra no rack.

Os atletas são divididos por categorias de peso e idade e têm 3 pedidas (tentativas) de atingir a maior carga possível. A análise é feita por 3 árbitros que verificam a execução de todo movimento dentro de 4 parâmetros: posição corporal, descida, pausa e subida. Se a execução for realizada dentro dos parâmetros adotados na competição, mais de um árbitro deve validar o movimento para se confirmar uma pedida válida.

### **2.4.1 Especificidades do supino paralímpico competitivo**

No *Para Powerlifting*, os atletas utilizam um banco de competição específico da modalidade, o qual possibilita que o atleta se deite em decúbito dorsal com pernas esticadas e os pés apoiados no banco, se aplicável. Ademais, é permitido que o atleta seja fixado ao banco por meio de uma ou duas faixas a partir da linha do quadril, proporcionando maior estabilidade e prevenindo que o atleta levante os pés e o quadril do banco, o que resultaria na invalidação do movimento pela arbitragem.

Pelo fato das deficiências elegíveis no supino paralímpico promoverem uma maior instabilidade durante o movimento, por não possibilitarem uma base de apoio tão sólida com os pés no chão o que dificulta a execução do arco, ou pela própria natureza da deficiência, a aplicação de força pode ser comprometida por diferenças no padrão de recrutamento muscular (SILVA, 2015).

Nos estudos de Norwood et al., (2007) e Saeterbakken et al., (2013), os autores compararam o movimento de supino realizado em diferentes superfícies e descobriram que em plataformas instáveis, existe uma diferença no padrão de recrutamento muscular, diminuindo a força. Por esse motivo, existe a hipótese de um possível comprometimento no desempenho na modalidade paralímpica. Porém ainda não existem estudos na literatura científica que comprovam queda de desempenho especificamente no halterofilismo paralímpico.

As regras de execução do movimento na modalidade são rígidas, o que torna o movimento ainda mais desafiador. Dentro dos parâmetros de análise dos árbitros, de acordo com o CPB, (2022), os principais critérios para validação do movimento são:

Posição corporal:

- A cabeça do atleta, ombros, nádegas, pernas e calcanhares totalmente estendidos (se aplicável) permanecem no banco e tocando o banco durante todo o levantamento.
- Todos os dedos do atleta envolvem firmemente ao redor da circunferência da barra com os polegares no lado oposto dos outros dedos durante todo o levantamento.
- O espaçamento das mãos do atleta está dentro de 81 cm (oitenta e um) centímetros de ambos os dedos indicadores, conforme indicado pelas marcações na barra.
- A barra é tomada sob controle ao comprimento do braço com cotovelos travados, sujeito a quaisquer condições médicas especiais.
- O atleta começa o levantamento após o comando de início ser dado.

Descida da barra:

- A barra é controlada (por exemplo, não foi derrubada/ bate no peito) ao longo de todo o movimento durante o deslocamento excêntrico/descendente da barra.

Pausa:

- A barra toca no peito e permanece estática entre o movimento excêntrico/ descendente e concêntrico/de subida da barra.
- A barra parou no peito e não afunda no peito antes de ser empurrada para cima.

Subida da barra:

- A barra é empurrada para cima sem o auxílio não natural de várias partes do corpo (por exemplo, “forçando” ou “com um solavanco” dos ombros e/ou do peito para impulsionar a barra para cima).

- A barra se move em um movimento de subida durante o movimento de subida da barra.
- A barra é empurrada com travamento igualmente sincronizado de ambos os braços e cotovelos.
- O atleta coloca a barra de volta no suporte após o comando de “recolhe” ser dado pelo Árbitro Chefe.

## 2.5 Método de avaliação cinemática: cinemetria

A biomecânica é uma área do conhecimento que utiliza como métodos de medição dos seus parâmetros quantitativos a cinemetria, dinamometria, eletromiografia e a antropometria. A cinemetria se dedica à quantificação de velocidade, aceleração, distância percorrida e trajetória (WINTER, 2009). Essa metodologia representa uma importante ferramenta para a otimização do desempenho e se utiliza de diversos equipamentos para mensurar o movimento.

Especificamente no supino, o conhecimento das diversas formas de execução do movimento é crucial para o aprimoramento do desempenho. Assim, torna-se indispensável a compreensão das diferentes posições de pegadas na barra, da amplitude de movimento, das técnicas de execução, dos ângulos dos membros ao longo do movimento, das cadências de descida e subida da barra, do tempo de pausa e seus possíveis efeitos mecânicos e fisiológicos fundamentais para o sucesso do atleta.

Dentro da ampla análise possível de ser feita no movimento de supino, a cinemática do movimento vertical da barra vem sendo estudada e aprofundada há décadas. As pesquisas que investigam principalmente variações de força, potência, velocidade, aceleração e impulso geradas na barra no decorrer do movimento podem revelar, através da mecânica, possíveis ações de mecanismos fisiológicos.

Vale citar que um dos produtos dessas pesquisas foi o desenvolvimento de uma metodologia que utiliza a velocidade da barra como protagonista na avaliação e prescrição do treinamento de força, conhecido como Treinamento Baseado na Velocidade, que compreende a velocidade como um marcador diretamente relacionado com a intensidade do esforço muscular durante o treinamento (WŁODARCZYK et al., 2021).

A análise cinemática da barra pode ser realizada por meio de alguns métodos e ferramentas. As principais formas são: Filmagens 3D com câmeras de alta velocidade que capturam o movimento sob diversos ângulos e que requer um software específico, além de configurações complexas. É um sistema pouco acessível, porém oferece alta precisão

e é considerado padrão ouro de análise cinemática na pesquisa desportiva (JIANG, 2021; SCOZ et al., 2021; TUCKER et al., 2013); Sistema de rastreamento óptico, semelhante ao sistema descrito anteriormente, porém possível de ser realizado com câmeras menos sofisticadas (2D), com rastreamento de um marcador acoplado na barra (DÆHLIN; KROSSHAUG; CHIU, 2017). Esse método também necessita de um software, porém mais simples e de baixo custo; Sensores de movimento, como o encoder linear, acelerômetro e giroscópio, que são equipamentos específicos que medem movimentação de objetos. Os equipamentos são atracados na barra e, através dos softwares específicos, são fornecidos os resultados cinemáticos (CLEMENTE et al., 2021).

É importante ressaltar que a tecnologia de análise de movimento tem evoluído ao longo dos anos, permitindo a realização de análises com alta precisão com equipamentos cada vez mais acessíveis. Atualmente, existem aplicativos de *smartphones* capazes de realizar algumas análises cinemáticas com validade e confiabilidade (HAYNES et al., 2019).

Outros tipos de investigações de natureza cinesiológica e eletromiográfica também são relevantes na compreensão dos movimentos básicos. Esses métodos também oferecem importantes contribuições para o desenvolvimento da modalidade, fornecendo informações relevantes sobre os mecanismos de controle neuromuscular envolvidos no movimento, bem como aspectos anatômicos que influenciam a performance do atleta.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada em uma sessão para cada voluntário no Centro de Treinamento (CT) da equipe de *Para Powerlifting* em Uberlândia, em dias e horários pré-estabelecidos. Cada voluntário se deslocou até o CT para realizar os testes exclusivamente para a pesquisa.

Durante a sessão, os sujeitos realizaram séries em 5 tempos de fase excêntrica, a saber: Autorregulada sem pausa - A/0/X/0 (EXC<sub>ASP</sub>), autorregulada com pausa - A/P/X/0 (EXC<sub>AUT</sub>), excêntrica em 2 segundos - 2/P/X/0 (EXC<sub>RAP</sub>), excêntrica em 4 segundos - 4/P/X/0 (EXC<sub>MED</sub>), excêntrica em 6 segundos - 6/P/X/0 (EXC<sub>LEN</sub>). Foi realizada, ainda uma série com apenas fase concêntrica: Concêntrica pura - 0/0/X/0(CON<sub>PUR</sub>) partindo com a barra em repouso do suporte nivelado com a superfície anterossuperior do tórax do atleta, a fim de coletar o resultado sem um suposto efeito do ciclo alongamento-encurtamento.

As sequências de dígitos ditam a cadência que o movimento será realizado e significam: o primeiro dígito para fase excêntrica, o segundo e quarto para pausa ou não na transição entre as fases e o terceiro para fase concêntrica. A- Autorregulada; P- Pausa com tempo válido avaliado por um árbitro nacional habilitado; X- Maior velocidade possível. Os números estabelecem o tempo em segundos para as suas respectivas fases. O controle da fase EXC das cadências pré-determinadas (EXC<sub>RAP</sub>, EXC<sub>MED</sub> e EXC<sub>LEN</sub>) no processo de familiarização e coleta de dados, foi realizada através das batidas sonoras de um metrônomo e auxílio do pesquisador (Pro Metronome - EUM).

Para esta pesquisa, as porcentagens de carga utilizadas nos protocolos de aquecimento, familiarização e coleta de dados foram calculadas a partir da melhor marca obtida na mais recente competição oficial que cada atleta participou, obedecendo-se um intervalo mínimo e máximo entre competição e testes para pesquisa de 2 e 10 dias, respectivamente.

Dessa forma, não foi necessário realizar o teste de 1RM, pela proximidade entre uma competição oficial e os testes aplicados na pesquisa, entendendo que a competição é um momento de esforço máximo capaz de apontar de modo preciso a condição do atleta naquele momento.

O estudo teve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia (CEP/UFU CAAE:44681920.8.0000.5152).

### 3.1 Caracterização da amostra

Foram selecionados treze (13) atletas de *Para Powerlifting* da equipe de Uberlândia sendo 8 indivíduos do gênero feminino, com idade entre 18 e 40 anos (média de  $28,3 \pm 6,5$ ) e 5 indivíduos do gênero masculino com idade entre 25 e 45 anos ( $32,6 \pm 7,9$ ). Dentre os participantes da amostra haviam indivíduos com lesões na medula espinal, sequelas de poliomielite, mielomeningocele e lesão em membros inferiores.

Para determinar a massa corporal foi utilizado uma balança da marca Filizola® (Brasil), com carga máxima de 200kg e precisão de 100 gr.

#### 3.1.1 Critérios de elegibilidade

Na presente pesquisa, uma série de critérios foram estabelecidos para garantir uma padronização da amostra. Dentre elas temos:

- Ser praticante de halterofilismo paralímpico há pelo menos 1 ano e no mínimo os últimos 6 meses de treinamento ininterruptos;
- Ter participado de pelo menos uma competição oficial da modalidade;
- Ter mais de 18 anos de idade;
- Não apresentar qualquer distúrbio musculoesquelético, articular e/ou neuromuscular que prejudicasse a execução dos testes;
- Não ser gestante;
- Não fazer uso de quaisquer medicações que comprometessem os níveis de força;
- Não apresentar qualquer outro distúrbio e/ou condição que, na opinião dos pesquisadores, possam interferir de alguma forma no objetivo do estudo.

### 3.2 Ferramentas e técnicas

#### 3.2.1 Cinemetria

Para coleta de dados, foi utilizada uma câmera digital (2D, HD, 240fps) posicionada sobre um tripé de forma a observar o movimento no seu plano sagital, distante cerca de 1,50m do suporte lateral direito do banco de supino e aproximadamente de 0,92m de altura. O centro óptico da câmera estava alinhado com a lâmpada LED instalada na borda lateral da barra, cuja posição no início do movimento era perpendicular ao posicionamento dos ombros sobre o banco (Figura 3).

**Figura 3** – Posicionamento da câmera para coleta de dados.



Fonte: O autor.

Um marcador reflexivo de led foi posicionado na ponta da barra para uma melhor captação e rastreamento do movimento produzido pela barra (Figura 4).

**Figura 4** – Marcador reflexivo acoplado na ponta da barra.



Fonte: O autor.

### 3.2.2 Equipamentos utilizados durante a coleta de dados

Os equipamentos esportivos utilizados para coleta de dados desta pesquisa foram os oficiais homologados pelo IPC para competições internacionais da marca Eleiko®.

- Anilhas de 25kg, 20kg, 15kg, 10kg, 5kg, 2,5kg, 2kg, 1,5kg, 1kg e 0,5kg;
- Barra olímpica;
- Banco de *Para Powerlifting*;
- Marcador reflexivo;
- Câmera digital (2D, HD, 240fps);
- Balança (Filizola, Brasil)

### 3.3 Protocolo de coleta

O primeiro procedimento constituiu em esclarecer aos atletas o teor da pesquisa e da coleta de dados, além dos riscos e benefícios do estudo, antes de expressarem seu consentimento por escrito para participação. Em seguida os atletas que estavam interessados em participar como voluntários da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido. Uma via do termo foi entregue ao voluntário e a outra ao pesquisador responsável. Os participantes foram instruídos a manter seus hábitos alimentares normais e não usar quaisquer suplementos dietéticos ou estimulantes durante todo o período de estudo. Os indivíduos se abstiveram de treinamento de força 24 horas antes das coletas.

#### 3.3.1 Aquecimento e familiarização

Os voluntários chegaram ao Centro de Treinamento e realizaram a primeira parte do aquecimento com movimentações livres dos braços, que é uma rotina dos atletas antes de iniciarem os exercícios com peso. A movimentação está listada abaixo seguida do número de repetições por exercício:

1. Flexão e extensão dos dedos das mãos com braços estendidos (30 repetições);
2. Cruzar os dedos das mãos e realizar rotação do punho (30 repetições);
3. Hiperextensão do punho (30 repetições);

4. Com braços abduzidos realizar flexão e extensão dos cotovelos (30 repetições);
5. Realizar giro com cotovelo para fora e para dentro (30 repetições);
6. Rotação do ombro para frente (com as mãos no quadril) (30 repetições);
7. Rotação do ombro para trás (com as mãos no quadril) (3 repetições);
8. A partir da posição sentada, ombros flexionados, executar a flexão dos quadris, tocar as mãos nos pés e retornar à posição inicial (15 repetições)
9. A partir da posição sentada, ombros flexionados em aproximadamente 90°, executar movimentos de abdução e adução horizontais, cruzando os membros superiores à frente do tronco até próximo do limite articular (30 repetições);
10. Em posição ortostática ou sentada, elevar e rebaixar simultaneamente os ombros (30 repetições);
11. Executar movimentos simultâneos de abdução e adução dos ombros, com cotovelos estendidos (30 repetições);
12. Executar movimentos de circundução com anilha de 10kg em torno da cabeça (10 repetições cada lado);
13. A partir da posição sentada, simular uma subida em corda (30 repetições);
14. A partir da posição sentada, simular toque da mão no chão em lados alternados, por meio da flexão lateral do tronco (30 repetições);
15. Executar movimentos de abdução horizontais com cotovelos estendidos (30 repetições);
16. Simular movimentos do supino com mãos abertas sem carga externa (30 repetições).

Iniciou-se então a segunda parte do aquecimento com 4 séries de 15,10, 5 e 3 repetições utilizando 20%, 40%, 60% e 70% 1RM, respectivamente, utilizando uma cadência autorregulada, com pausa e 2 minutos de intervalo entre as séries. A posição das mãos na barra foi determinada pelo próprio voluntário seguindo as regras do esporte.

Em seguida, foi realizado o processo de familiarização com 2 séries de 1 repetição com 60% 1RM em cada cadência não autorreguladas ( $EXC_{CRAP}$ ,  $EXC_{MED}$ ,  $EXC_{LEN}$ ) com 1 minuto de intervalo.

### 3.3.2 Coleta de dados

Após a familiarização, um intervalo de 5 minutos foi estabelecido antes do início da coleta de dados propriamente dita. Logo após, em ordem aleatória, foram feitas 2 séries de 1 repetição com a intensidade de 80%1RM em cada cadência ( $EXC_{AUT}$ ,  $EXC_{CRAP}$ ,  $EXC_{MED}$ ,  $EXC_{LEN}$ ,  $EXC_{ASP}$ ,  $CON_{PUR}$ ) e com 3 a 5 minutos de intervalo entre as séries.

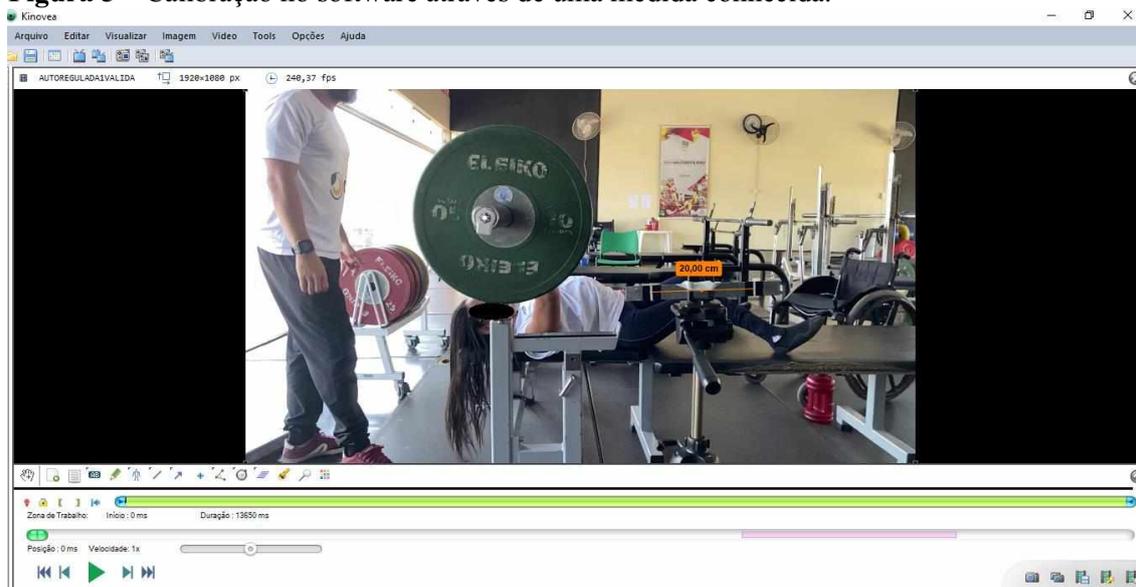
### 3.4 Análise cinemática e processamento dos dados

Os resultados da movimentação da barra (tempo da fase excêntrica, tempo de pausa, velocidade pico, velocidade média, potência pico e potência média da fase concêntrica) foram reveladas por meio de análise de vídeo utilizando-se o software Kinovea 0.9.5.

Apenas um movimento de cada cadência foi selecionado para análise, seguindo os seguintes critérios: para as cadências com tempo de fase excêntrica pré-determinados ( $EXC_{CRAP}$ ,  $EXC_{MED}$  e  $EXC_{LEN}$ ), o movimento com o tempo de fase excêntrica mais próximo do pré-estipulado foi selecionado para análise. Para as outras cadências ( $EXC_{ASP}$ ,  $EXC_{AUT}$  e  $CON_{PUR}$ ), o movimento com melhor desempenho em velocidade e potência foi selecionado.

A primeira etapa do processamento constituiu em calibrar o vídeo no software com uma medida real conhecida. Para isso, foi utilizado um instrumento com medida conhecida de 20cm, posicionado no mesmo plano que o marcador luminoso (Figura 5). Essa etapa se fez necessária para que o software reconhecesse o deslocamento real da barra e pudesse calcular automaticamente os parâmetros cinemáticos de acordo com o sistema internacional de medidas. A calibração foi refeita para cada nova tentativa.

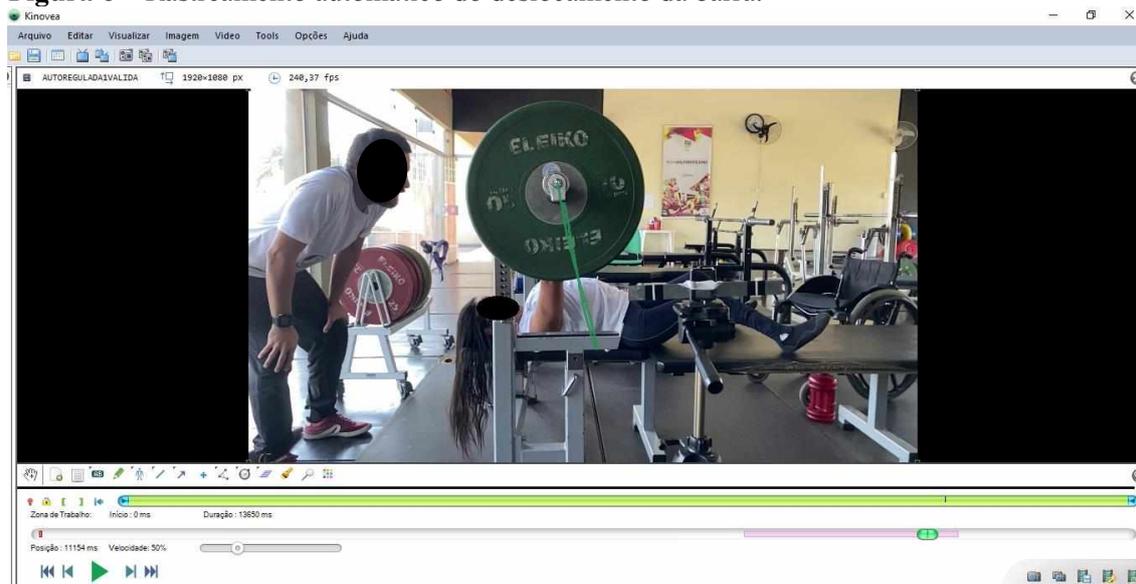
**Figura 5** – Calibração no software através de uma medida conhecida.



Fonte: O autor.

Em seguida, utilizando a ferramenta de rastreamento que permite identificar a trajetória de um corpo em movimento dentro do software, um ponto, que significa um conjunto de pixels na imagem do vídeo, foi determinado, no caso, o brilho do marcador luminoso na ponta da barra, que foi acompanhado durante todo o trajeto (Figura 6). Assim, por meio da calibração feita anteriormente, foi possível ter resultados de tempo e posição e calcular suas derivadas.

**Figura 6** – Rastreamento automático do deslocamento da barra.



Fonte: O autor.

As fases do movimento e a pausa foram selecionadas manualmente da seguinte forma: Para a fase excêntrica, o deslocamento da barra foi rastreado a partir do frame que antecede o primeiro movimento de descida e finalizando quando a barra estava visualmente parada no peito do voluntário e com velocidade abaixo de 0,1m/s, o que demarca também o início da pausa. O fim da pausa foi demarcado a partir do momento em que a velocidade da barra voltava a subir sem retrocessos, na posição o que também significa o início da fase concêntrica. Por fim, o movimento terminava quando atingia a altura máxima do deslocamento vertical.

Com as fases determinadas, as informações cinemáticas de interesse (tempo de fase excêntrica, tempo de pausa, velocidades média e pico e potências média e pico) da pesquisa foram calculadas no Excel. Para calcular as velocidades e potência as equações a seguir foram utilizadas:

#### **Equação 1 – Cálculo de velocidade**

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

Sendo:

$V$  = Velocidade Média

$\Delta s$  = Variação do deslocamento

$\Delta t$  = Variação do tempo

#### **Equação 2 – Cálculo de potência**

$$P = m \cdot (g + a) \cdot v \quad (2)$$

Sendo:

$P$  = Potência

$m$  = Massa da barra com anilhas

$g$  = Aceleração da gravidade

$a$  = Aceleração instantânea

$v$  = Velocidade instantânea

### 3.5 Análise estatística

Foi feita a estatística descritiva utilizando as medidas de tendência central, média ( $\bar{X}$ )  $\pm$  Desvio Padrão (DP). O tratamento estatístico foi realizado utilizando o software R. Para a verificação da normalidade das variáveis foi utilizado o teste de Shapiro Wilk, e a homogeneidade e homostacidade, tendo em vista o tamanho da amostra. Para a avaliação do desempenho entre as cadências foi feito o teste ANOVA para medidas repetidas (One Way) e *Post Hoc* de Bonferroni para os resultados com distribuição paramétrica. Para Velocidade Pico, Potência Pico e tempo de fase excêntrica, foi feito o teste de Friedman, tendo em vista uma distribuição não paramétrica com amostras dependentes. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Características da amostra

A Tabela 4 mostra as características básicas da amostra. Nela é possível encontrar, divididos em gênero, o número de participantes, idade, massa corporal, força relativa, categorias que pertencem na *IPF* e quais os tipos de deficiência.

**Tabela 4** – Características da amostra.

	<b>Masculino n=5</b>	<b>Feminino n=8</b>
Idade ( $\bar{X} \pm DP$ )	32,6 $\pm$ 7,9 anos	28,3 $\pm$ 6,5 anos
Massa corporal ( $\bar{X} \pm DP$ )	87,1 $\pm$ 17,2kg	65,4 $\pm$ 17,3kg
Força-Relativa (1RM/massa corporal)	1,5 $\pm$ 0,3	1,4 $\pm$ 0,5
Categoria	59kg; 88kg; 107kg	41kg; 45kg; 55kg; 73kg; 79kg; 86kg
Deficiências	Lesão de MMII, sequelas de poliomielite, lesão medular	Lesão de MMII, mielomeningocele, lesão medular

Fonte: o Autor.

### 4.2 Tempo de pausa e comparação entre os tempos de fase excêntrica

As pausas tiveram média entre 0,56  $\pm$  0,15s e 0,70  $\pm$  0,15s. Os tempos médios de pausa para cada cadência estão descritos na Tabela 5.

**Tabela 5** – Tempo de pausa ( $\bar{X} \pm DP$ ).

<b>Cadências</b>	<b>Tempo (s)</b>
EXC <sub>AUT</sub>	0,56 $\pm$ 0,15
EXC <sub>RAP</sub>	0,65 $\pm$ 0,21
EXC <sub>MED</sub>	0,70 $\pm$ 0,15
EXC <sub>LEN</sub>	0,61 $\pm$ 0,16

Fonte: o Autor.

O tempo da fase excêntrica pôde ser visto numericamente através das análises de vídeo. Os valores estão expressos na tabela 6.

**Tabela 6** – Tempo de fase excêntrica ( $\bar{X} \pm DP$ ).

<b>Cadências</b>	<b>Tempo (s)</b>
EXC <sub>ASP</sub>	0,96±0,22
EXC <sub>AUT</sub>	1,19±0,28
EXC <sub>LEN</sub>	5,86±0,32
EXC <sub>MED</sub>	3,90±0,20
EXC <sub>RAP</sub>	2,19±0,25

Fonte: o Autor.

Os valores de  $p$  entre cada tempo de fase excêntrica em que houve diferença significativa estão expressos na Tabela 7.

**Tabela 7** – Comparações estatísticas entre os tempos de fase excêntrica.

<b>Cadências</b>	<b>Valor de p</b>
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	< 0,001
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>MED</sub>	< 0,001
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>RAP</sub>	0,029
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>MED</sub>	0,005
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	< 0,001
EXC <sub>RAP</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	0,013

Teste de Friedman,  $p < 0,05$

Fonte: o Autor.

Houve diferença estatística significativa no tempo de fase excêntrica de EXC<sub>ASP</sub> quando comparada a EXC<sub>LEN</sub>, EXC<sub>MED</sub> e EXC<sub>RAP</sub> com valores de  $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$  e  $p = 0,029$ , respectivamente. Na cadência EXC<sub>AUT</sub> houve diferença estatística significativa comparada a EXC<sub>MED</sub> e EXC<sub>LEN</sub> com valores de  $p < 0,001$  e  $p = 0,005$ , respectivamente. Também houve diferença estatística entre EXC<sub>LEN</sub> e EXC<sub>RAP</sub> com valor de  $p < 0,013$ .

#### **4.3 Efeito das cadências na velocidade média e velocidade pico**

Os resultados da média da velocidade pico, velocidade média e DP estão expressos na Tabela 8.

**Tabela 8** – Velocidade Pico e Velocidade Média ( $X \pm DP$ ) nas diferentes cadências.

<b>Cadências</b>	<b>Velocidade Pico (m/s)</b>	<b>Velocidade Média (m/s)</b>
CON <sub>PUR</sub>	0,49±0,17	0,32±0,12
EXC <sub>ASP</sub>	0,55±0,09	0,39±0,07
EXC <sub>AUT</sub>	0,52±0,10	0,35±0,08
EXC <sub>LEN</sub>	0,40±0,08	0,28±0,07
EXC <sub>MED</sub>	0,41±0,11	0,30±0,08
EXC <sub>RAP</sub>	0,48±0,12	0,33±0,09

Fonte: o Autor.

Os valores de  $p$  entre cada uma das cadências em que houve diferença significativa em velocidade média estão expressos na Tabela 9.

**Tabela 9** – Comparação estatística de Velocidade Média entre as cadências.

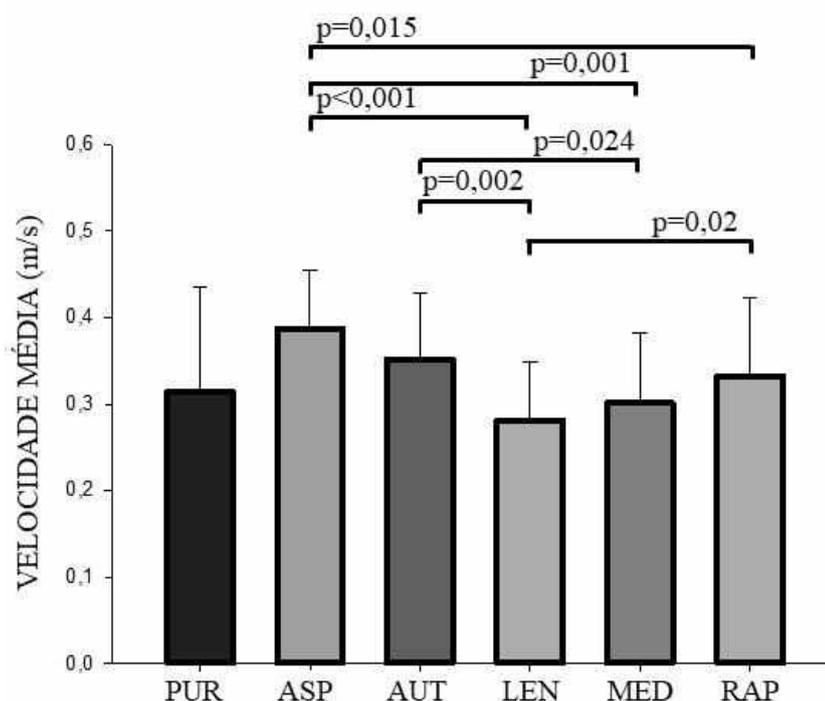
<b>Cadências</b>	<b>Valor de p</b>
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	0,015
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>MED</sub>	0,001
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>RAP</sub>	<0,001
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	0,002
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>MED</sub>	0,024
EXC <sub>RAP</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	0,02

ANOVA Post Hoc de Bonferroni  $p < 0,05$

Fonte: o Autor.

Para a Velocidade Média da fase concêntrica do movimento, a cadência com fase excêntrica autorregulada e sem pausa (EXC<sub>ASP</sub>) apresentou diferença estatística significativa comparada às cadências com fase excêntrica de 6s (EXC<sub>LEN</sub>), 4s (EXC<sub>MED</sub>) e 2s (EXC<sub>RAP</sub>) com valores de  $p=0,015$ ,  $p=0,001$  e  $p<0,001$ , respectivamente. Para cadência com fase excêntrica autorregulada (EXC<sub>AUT</sub>) também houve diferença entre EXC<sub>LEN</sub> e EXC<sub>MED</sub> com valores de  $p=0,002$ ,  $p=0,024$ , respectivamente. Também houve diferença entre EXC<sub>LEN</sub> e EXC<sub>RAP</sub> com  $p=0,02$ . Os resultados também estão demonstrados no Gráfico 1.

**Gráfico 1** – Comparação estatística de Velocidade Média entre as cadências.



Legenda: PUR= CON<sub>PUR</sub>; ASP= EXC<sub>ASP</sub>; AUT= EXC<sub>AUT</sub>; LEN=EXC<sub>LEN</sub>; MED= EXC<sub>MED</sub>; LEN= EXC<sub>LEN</sub>. ANOVA Post Hoc de Bonferroni  $p<0,05$ .  
Fonte: o Autor.

Os valores de  $p$  entre cada uma das cadências que mostraram diferença estatística em Velocidade Pico estão expressas na Tabela 10.

**Tabela 10** – Comparação estatística de Velocidade Pico entre as cadências.

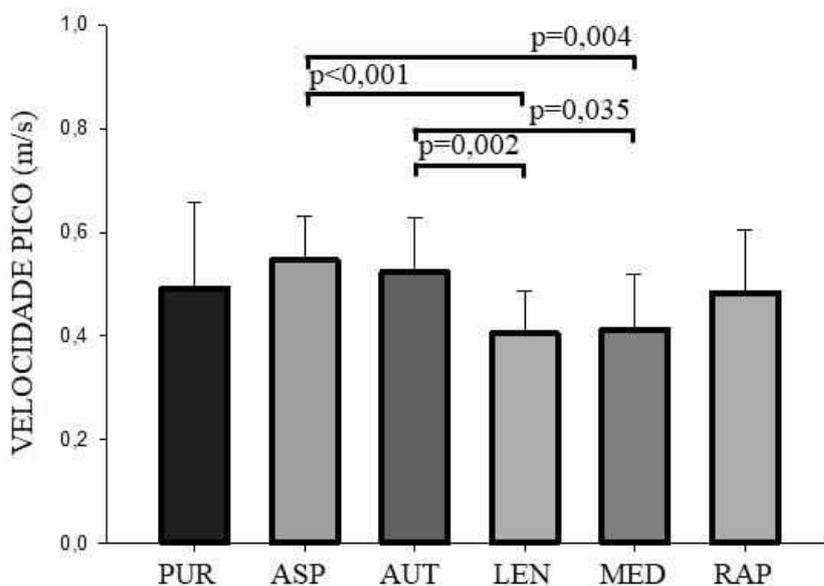
Cadências	Valor de p
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	<0,001
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>MED</sub>	0,004
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	0,002
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>MED</sub>	0,035

Teste de Friedman,  $p<0,05$

Fonte: o Autor.

Para a Velocidade Pico da fase concêntrica do movimento, a cadência com fase excêntrica autorregulada e sem pausa (EXC<sub>ASP</sub>) apresentou diferença estatística significativa comparada com EXC<sub>LEN</sub> e EXC<sub>MED</sub> com valores de  $p<0,001$  e  $p=0,004$ , respectivamente. Para cadência com fase excêntrica autorregulada e pausa (EXC<sub>AUT</sub>) também houve diferença entre EXC<sub>LEN</sub> e EXC<sub>MED</sub> com valores de  $p=0,002$  e  $p=0,035$ , respectivamente. Os resultados também estão demonstrados no Gráfico 2.

**Gráfico 2** – Comparação estatística de Velocidade Pico entre as cadências.



Legenda: PUR= CON<sub>PUR</sub>; ASP= EXC<sub>ASP</sub>; AUT= EXC<sub>AUT</sub>; LEN=EXC<sub>LEN</sub>; MED=EXC<sub>MED</sub>; RAP= EXC<sub>RAP</sub>. Teste de Friedman,  $p < 0,05$ .

Fonte: o Autor.

#### 4.4 Efeito das cadências na potência média e potência pico

Os resultados da média da potência pico, potência média e DP estão expressos na Tabela 11.

**Tabela 11** – Potência Pico e Potência Média ( $X \pm DP$ ) nas diferentes cadências.

Cadências	Potência Pico (W)	Potência Média (W)
CON <sub>PUR</sub>	0,49±0,17	0,32±0,12
EXC <sub>ASP</sub>	0,55±0,09	0,39±0,07
EXC <sub>AUT</sub>	0,52±0,10	0,35±0,08
EXC <sub>LEN</sub>	0,40±0,08	0,28±0,07
EXC <sub>MED</sub>	0,41±0,11	0,30±0,08
EXC <sub>RAP</sub>	0,48±0,12	0,33±0,09

Fonte: o Autor.

Os valores de  $p$  entre cada uma das cadências que houve diferença significativa em Potência Média estão expressos na Tabela 12.

**Tabela 12** – Comparação estatística de Potência Média entre as cadências.

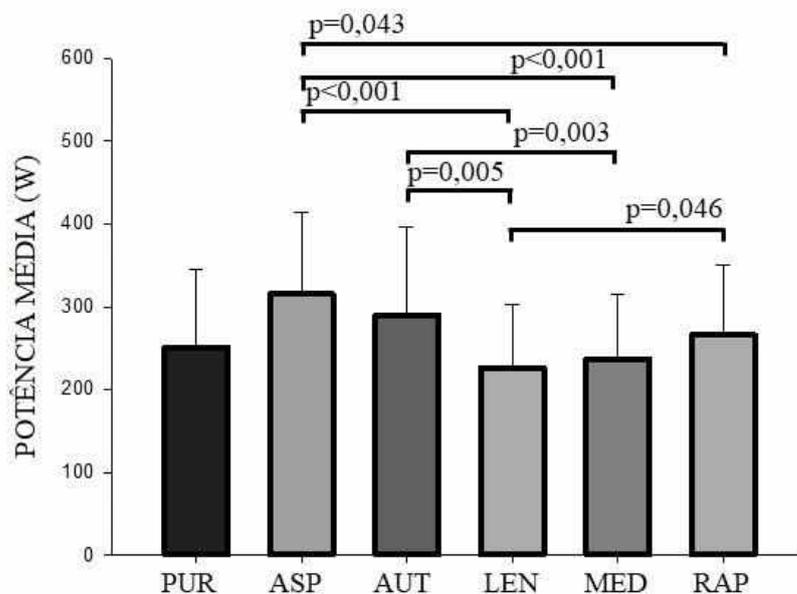
Cadências	Valor de p
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	<0,001
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>MED</sub>	<0,001
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>RAP</sub>	0,043
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	0,005
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>MED</sub>	0,003

ANOVA Post Hoc de Bonferroni  $p < 0,05$

Fonte: o Autor.

Para potência média da fase concêntrica do movimento, a cadência com fase excêntrica autorregulada e sem pausa (EXC<sub>ASP</sub>) apresentou diferença estatística significativa comparada às cadências com fase excêntrica de 6s (EXC<sub>LEN</sub>), 4s (EXC<sub>MED</sub>) e 2s (EXC<sub>RAP</sub>), com valores de  $p < 0,001$  para 6s e 4s e 0,043 para 2s. Para cadência com fase excêntrica autorregulada e com pausa (EXC<sub>AUT</sub>) também houve diferença entre EXC<sub>LEN</sub> e EXC<sub>MED</sub> com valores de  $p = 0,005$ ,  $p = 0,003$ , respectivamente. Por fim, uma diferença com  $p = 0,046$  ocorreu entre EXC<sub>LEN</sub> e EXC<sub>RAP</sub>. Os resultados também estão demonstrados no Gráfico 3.

**Gráfico 3** – Comparação estatística de Potência Média entre as cadências.



Legenda: PUR= CON<sub>PUR</sub>; ASP= EXC<sub>ASP</sub>; AUT= EXC<sub>AUT</sub>; LEN=EXC<sub>LEN</sub>; MED= EXC<sub>MED</sub>; LEN= EXC<sub>LEN</sub>. ANOVA Post Hoc de Bonferroni  $p < 0,05$ .

Fonte: o Autor.

Os valores de  $p$  entre cada uma das cadências que houve diferença significativa em Potência Pico estão expressas na Tabela 13.

**Tabela 13** – Comparação estatística de Potência Pico entre as cadências.

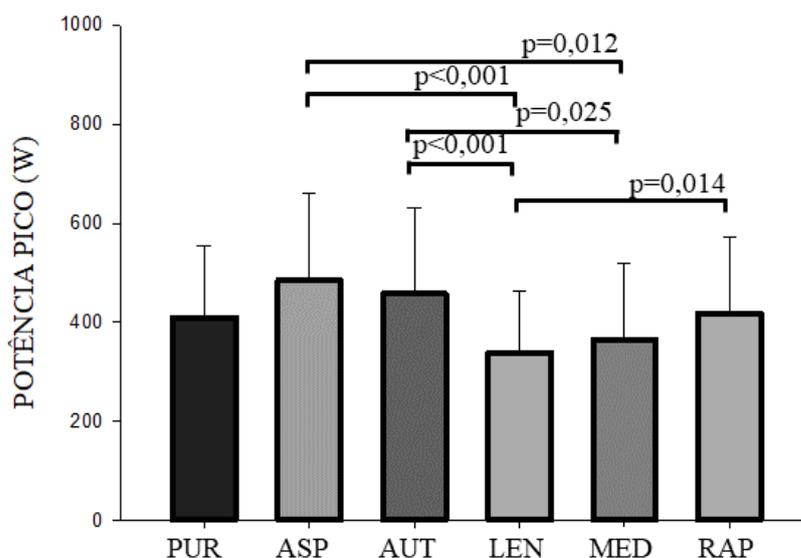
Cadências	Valor de $p$
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	<0,001
EXC <sub>ASP</sub> x EXC <sub>MED</sub>	0,01
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>LEN</sub>	<0,001
EXC <sub>AUT</sub> x EXC <sub>MED</sub>	0,025
EXC <sub>LEN</sub> x EXC <sub>RAP</sub>	0,014

Teste de Friedman,  $p < 0,05$

Fonte: o Autor.

Para Potência Pico da fase concêntrica do movimento, a cadência com fase excêntrica autorregulada e sem pausa (EXC<sub>ASP</sub>) apresentou diferença estatística significativa comparada às cadências com fase excêntrica de 6s (EXC<sub>LEN</sub>) e 4s (EXC<sub>MED</sub>) com valores de  $p < 0,001$  (a),  $p = 0,012$ , respectivamente. Para cadência com fase excêntrica autorregulada e pausa (EXC<sub>AUT</sub>) também houve diferença entre EXC<sub>LEN</sub> e EXC<sub>MED</sub> com valores de  $p < 0,001$ ,  $p = 0,025$ , respectivamente. Entre as cadências de 2s e 6s a diferença ocorre com  $p = 0,014$ . Os resultados também estão demonstrados no Gráfico 4.

**Gráfico 4** – Comparação estatística de Potência Pico entre as cadências.



Legenda: PUR= CON<sub>PUR</sub>; ASP= EXC<sub>ASP</sub>; AUT= EXC<sub>AUT</sub>; LEN=EXC<sub>LEN</sub>; MED=EXC<sub>MED</sub>; RAP= EXC<sub>RAP</sub>. Teste de Friedman,  $p < 0,05$ .

Fonte: o Autor.

## 4 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi analisar o desempenho da velocidade e da potência na fase concêntrica do movimento de supino paralímpico com diferentes tempos de fase excêntrica.

A análise cinemática do supino é um tema que tem sido amplamente estudado. No entanto, quando se trata da influência da fase excêntrica no desempenho do supino competitivo paralímpico, há ainda uma escassez de trabalhos na literatura científica. Essa lacuna motivou a pesquisa em questão, que buscou verificar se os achados anteriores se aplicam ao contexto atual do supino competitivo paralímpico.

Primeiramente, é importante destacar que as diferenças estatísticas encontradas entre os tempos de fase excêntrica culminaram também, em disparidades nos resultados de velocidade e potência. Isso leva à hipótese de uma possível correlação entre o tempo de duração da fase excêntrica e o desempenho de velocidade e potência na fase concêntrica.

Fica claro no presente trabalho que tempos mais lentos de descida ( $\geq 4$ s), combinados com pausa entre fase EXC e CON, parecem exercer um efeito adverso significativo estatisticamente sobre os parâmetros de velocidade e potência da fase concêntrica quando comparados ao movimento competitivo (EXC<sub>AUT</sub>). Esse resultado vai de acordo com a literatura científica existente em estudos que avaliam supino não competitivo. Em um estudo conduzido por Wilk et al., (2019), foi investigada a relação entre a duração da fase excêntrica (2s e 6s) e a velocidade e potência da fase concêntrica. Os resultados obtidos no referido estudo apontam diferenças significativas no desempenho de velocidade e potência entre as duas cadências avaliadas, em que, quanto maior o tempo da fase excêntrica maior a atenuação de potência e velocidade do movimento subsequente. Em um segundo estudo do mesmo autor Wilk et al., (2020b), 90 homens realizaram o teste de 1RM com diferentes tempos de fase excêntrica: autorregulada, 2 segundos, 5 segundos, 8 segundos e 10 segundos. Os escores de 1RM mostraram diferenças entre as cadências, indicando que as velocidades mais rápidas de descida mostraram ser superiores àquelas mais lentas, no sentido de atingirem maiores escores de 1RM. Outros estudos também mostram um pior desempenho dos parâmetros de 1RM, velocidade e potência associados a um maior tempo de duração na fase excêntrica no supino (GEPFERT et al., 2021; HEADLEY et al., 2011; MARTINS-COSTA et al., 2012; WILK et al., 2020a). Não obstante aos resultados relatados até agora

na literatura, no presente estudo, além da variável tempo de fase excêntrica, foi considerado um segundo elemento, a pausa entre as fases EXC e CON.

A pausa adotada em campeonatos oficiais de halterofilismo paralímpico leva a um atraso entre a transição da fase excêntrica para a concêntrica. Neste trabalho, foi encontrada uma diferença, não significativa, de aproximadamente 10% na velocidade média e potência média e 5% na velocidade pico e potência pico, entre a cadência de competição com e sem pausa ( $EXC_{ASP}$  e  $EXC_{AUT}$ ).

Isto posto, vale ressaltar que os estudos já realizados para compreender o efeito do tempo de fase excêntrica no desempenho foram realizados com supino “*touch and go*” (não competitivo, nessa pesquisa denominado: Autorregulado sem pausa– $EXC_{ASP}$ ), obtendo resultados que não refletem, de maneira geral, a realidade do esporte, cabendo ressalvas quanto à sua aplicabilidade direta na modalidade esportiva paralímpica competitiva.

É importante destacar que campeonatos de Powerlifting tradicional e paralímpico, deixam a critério dos árbitros determinar a validade da pausa, tornando subjetiva sua análise. Em um estudo que investigou especificamente a pausa entre fase excêntrica e concêntrica no supino, Wilson et al., (1991) indicam que em competições, esse atraso (pausa) fica entre 0,35s a 0,90s, intervalo de valores também encontrados no presente trabalho, porém, com amplitude  $\approx 4$  vezes menor (0,56s-0,70s). Na mesma pesquisa, os autores propõem uma equação que determina a atenuação do efeito CAE a partir do tempo de pausa e mostram que existe diferenças significativas, pois quando a pausa é realizada de forma rápida (0,35s) observa-se uma queda de aproximadamente 25% dos benefícios do alongamento muscular anterior, enquanto em pausas mais longas (0,9s), essa queda pode chegar a 52%. Porém, não houve o controle de tempo ou velocidade da fase excêntrica, que também pode influenciar diretamente o efeito potencializador existente após o alongamento. Além do trabalho mencionado anteriormente, existem outras pesquisas que sustentam a hipótese de que se a passagem da fase EXC para CON for realizada de forma lenta ou com algum tipo de pausa, o desempenho será atenuado devido a dissipação de energia potencial elástica (CAVAGNA, 1977; GOUBEL, 1997; THYS; MARGARIA, 1972).

Todos os resultados de velocidade e potência colhidos a partir de 2 segundos de descida, mostram valores praticamente iguais ou inferiores do que o movimento concêntrico puro ( $CON_{PUR}$ ), em que não há o efeito do CAE envolvido. Com isso, pode-se presumir que quando há o tempo de descida igual ou acima de 2 segundos e pausa

válida em competição entre as fases excêntrica e concêntrica, o efeito de potencialização pode ser desprezado. Além disso, embora não tenha ocorrido diferenças estatísticas significativas no tempo de fase excêntrica entre as cadências EXCAUT e EXCRAP, foi notada uma diferença de aproximadamente 8% na velocidade e na potência obtidas. Apesar dessas diferenças não serem significativas, no contexto competitivo, pequenas variações no desempenho podem ser determinantes em atletas de alto rendimento, conforme relatado por Hopkins, Hawley e Burke (1999).

Assim, observou-se que tempos inferiores a 2 segundos de fase excêntrica parecem ser as ideais para o contexto competitivo. Nesse sentido, um estudo de Carzoli et al., (2019), que investigou o efeito do tempo rápido (75% do tempo autorregulado) e lento (2 vezes o tempo autorregulado) da fase excêntrica no supino e no agachamento sobre a velocidade média e velocidade pico da fase concêntrica, concluiu que tempos entre 1.0-1.4s de fase excêntrica parecem já maximizar os efeitos do CAE. Além disso, o estudo também apontou que, em indivíduos que já possuem tempos de fase excêntrica <1s executar ainda mais rápido, pode ser prejudicial.

Na literatura científica, é comum utilizar o método de comparação entre ações EXC-CON e ações puramente CON para avaliar os efeitos do CAE na prática. No presente trabalho, comparando o efeito do levantamento equivalente ao supino não competitivo (EXCASP) e o que utilizou somente a fase concêntrica (CONPUR), houve diferença de aproximadamente 21% na velocidade e potência média e 11% e 16% na velocidade e potência pico, respectivamente. Trabalhos anteriores que estudaram a cinemática comparando esses dois levantamentos também mostraram resultados com diferenças importantes.

No estudo desenvolvido por Wilson et al., (1991), comparando o supino puramente concêntrico e o não competitivo, foi encontrado uma diferença de 14,5% no teste de 1RM e diferença significativa no impulso entre os dois levantamentos nos primeiros 0,37s da fase concêntrica, na qual o movimento não competitivo obteve vantagem. Em um estudo posterior, Van den Tillaar et al., (2013), utilizando dos mesmos movimentos, mostrou uma diferença de aproximadamente 15% no teste de 1RM entre os levantamentos. Foi encontrada diferença no início da região de *sticking*, que apresentou uma maior aceleração no movimento não competitivo (autorregulado sem pausa) nos primeiros instantes ocasionando uma primeira maior velocidade pico, porém com uma maior desaceleração atribuída à diminuição da potenciação dos elementos contrateis (WALSHE; WILSON; ETTEMA, 1998). Vale ressaltar que a atividade elétrica das

principais musculaturas durante o movimento concêntrico puro foi menor que a do supino não competitivo e não houve diminuição da atividade muscular durante o período de *sticking* em ambos os levantamentos.

Portanto, as reduções no desempenho durante a fase concêntrica em cadências com tempos de fase excêntrica mais longos estão provavelmente correlacionadas com a diminuição do efeito CAE e o aumento do tempo sob tensão (TST). Movimentos que apresentam uma fase excêntrica prolongada têm sido associados ao aumento da fadiga muscular devido ao maior gasto energético, o que pode resultar em uma diminuição precoce da capacidade de exercício (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2015). Outro fator determinante é a pausa na transição do movimento, uma vez que menores tempos de pausa ou a ausência dela, implicam em melhores resultados devido à utilização do CAE (THYS; MARGARIA, 1972; WILSON; ELLIOTT; WOOD, 1991).

## 5 CONCLUSÃO

Ainda há uma lacuna na literatura relacionada à pesquisa e aprofundamento da cinemática da barra com atletas paralímpicos de alto rendimento. Esse estudo teve como objetivo primário analisar a influência do tempo de fase excêntrica no desempenho da velocidade e potência da barra na fase concêntrica, apresentando resultados que corroboram com a literatura científica em pessoas híginas. Porém, os resultados de estudos anteriores cabem ressalvas por não utilizarem a execução do movimento competitivo.

Os resultados da presente pesquisa mostram que quanto maior o tempo de fase excêntrica, pior o desempenho de velocidade e potência na fase concêntrica, mesmo no supino competitivo, que utiliza de técnica apurada além de uma pausa na transição da fase EXC e CON. Mais especificamente, tempos de fase excêntrica  $\geq 2$ s parecem não utilizar os benefícios do CAE e tempos  $\geq 4$ s apresentam diferenças maiores e estatisticamente significativas se comparadas às cadências autorregulada e com 2s de fase excêntrica. Além disso, os tempos de pausa válidos para competições paralímpicas, nessa pesquisa, na cadência autorregulada com pausa, que simula a execução em competição, tiveram médias de  $0,56 \pm 0,15$ s.

Assim, a partir dos resultados obtidos, recomenda-se realizar a fase EXC em um tempo  $< 2$ s em competição. Em treinamento, estratégias de controle da cadência podem ser realizadas com intuitos específicos de aumento do TST, diminuição da contribuição do CAE, conseqüentemente aumentando a dificuldade de execução da tarefa. Adicionalmente, treinamentos específicos que trabalham uma rápida reação à pausa de competição também são sugeridos pois a magnitude do efeito do CAE também depende deste fator.

### 5.1 Limitações do estudo

Este estudo apresentou algumas limitações, tais como a dificuldade de obtenção de uma amostra homogênea em função da heterogeneidade das deficiências apresentadas pelos atletas, bem como o tamanho reduzido da amostra e a escassez de trabalhos científicos que utilizem essa população como objeto de estudo.

## 5.2 Trabalhos futuros

Outros trabalhos devem ser realizados para o aprofundamento dessa temática, a exemplo:

- Realizar pesquisa com uma maior amostragem e com grupos homogêneos;
- Correlacionar o tempo de fase excêntrica com resultados de desempenho da fase concêntrica;

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, B. C.; AUBERT, X. M. The force exerted by active striated muscle during and after change of length. **The Journal of Physiology**, [S. l.], v. 117, n. 1, p. 77–86, 1952. DOI: 10.1113/jphysiol.1952.sp004733. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1392571/>.
- ANDERSON, Frank C.; PANDY, Marcus G. Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. **Journal of Biomechanics**, [S. l.], v. 26, n. 12, p. 1413–1427, 1993. DOI: 10.1016/0021-9290(93)90092-S.
- BAKER, Daniel. Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training: A brief review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 131–136, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1519/00124278-199605000-00015>. Disponível em: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1996/05000/Improving\\_Vertical\\_Jump\\_Performance\\_Through.15](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1996/05000/Improving_Vertical_Jump_Performance_Through.15).
- BOBBERT, Maarten F.; CASIUS, L. J. Richar. Is the effect of a countermovement on jump height due to active state development? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 440–446, 2005. DOI: 10.1249/01.MSS.0000155389.34538.97.
- BOBBERT, Maarten F.; GERRITSEN, K. G.; LITJENS, M. C.; VAN SOEST. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 28, p. 1408–1412, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-199611000-00009>. Disponível em: [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1996/11000/Why\\_is\\_countermovement\\_jump\\_height\\_greater\\_than.9.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1996/11000/Why_is_countermovement_jump_height_greater_than.9.aspx).
- BORGES, Michelle Vasconcelos De Oliveira et al. Electromyographic analysis of bench press in paralympic athletes. **Med. Sport**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 2452–2456, 2014. Disponível em: <https://www.medicinasportiva.ro/SRoMS/RMS/40/Electromyographic-bench-press-paralympic-athletes.pdf>.
- BRZYCKI, Matt. Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**, [S. l.], v. 64, n. 1, p. 88–90, 1993. DOI: 10.1080/07303084.1993.10606684.

- CALDWELL, G. E. Tendon elasticity and relative length: Effects on the Hill two-component muscle model. **Journal of Applied Biomechanics**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 1–24, 1995. DOI: 10.1123/jab.11.1.1. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jab/11/1/article-p1.xml>.
- CARZOLI, Joseph P.; SOUSA, Colby A.; BELCHER, Daniel J.; HELMS, Eric R.; KHAMOUI, Andy V.; WHITEHURST, Michael; ZOURDOS, Michael C. The effects of eccentric phase duration on concentric outcomes in the back squat and bench press in well-trained males. **Journal of Sports Sciences**, [S. l.], v. 37, n. 23, p. 2676–2684, 2019. DOI: 10.1080/02640414.2019.1655131. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1655131>.
- CAVAGNA, G. A. Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 89–130, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1249/00003677-197700050-00004>. Disponível em: [https://journals.lww.com/acsm-essr/citation/1977/00050/storage\\_and\\_utilization\\_of\\_elastic\\_energy\\_in.4.aspx](https://journals.lww.com/acsm-essr/citation/1977/00050/storage_and_utilization_of_elastic_energy_in.4.aspx).
- CLEMENTE, Filipe Manuel; AKYILDIZ, Zeki; PINO-ORTEGA, José; RICO-GONZÁLEZ, Markel. Validity and reliability of the inertial measurement unit for barbell velocity assessments: A systematic review. **Sensors**, [S. l.], v. 21, n. 7, p. 1–19, 2021. DOI: 10.3390/s21072511. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8038306/>.
- CPB. **História**. 2014. Disponível em: <https://www.cpb.org.br/modalidades/57/halterofilismo>. Acesso em: 23 set. 2020.
- CPB. **Regras e regulamento do Halterofilismo**. 2022. Disponível em: <https://www.cpb.org.br/upload/link/20c72005c9f84f8fabd6e72520625070.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2022.
- CULLINANE, Frances L.; BOOCOCK, Mark G.; TREVELYAN, Fiona C. Is eccentric exercise an effective treatment for lateral epicondylitis? A systematic review. **Clinical Rehabilitation**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 3–19, 2014. DOI: 10.1177/0269215513491974.
- DÆHLIN, Torstein E.; KROSSHAUG, Tron; CHIU, Loren Z. F. Enhancing digital video analysis of bar kinematics in weightlifting: A case study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 1592–1600, 2017. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001618.
- EDMAN, K. A.; ELZINGA, G.; NOBLE, M. I. Enhancement of mechanical performance by stretch during tetanic contractions of vertebrate skeletal muscle fibres. **The Journal**

**of Physiology**, [S. l.], v. 281, n. 1, p. 139–155, 1978. DOI: 10.1113/jphysiol.1978.sp012413. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1282688/>.

EDMAN, K. A. P.; ELZINGA, G.; NOBLE, M. I. M. Residual force enhancement after stretch of contracting frog single muscle fibers. **Journal of General Physiology**, [S. l.], v. 80, n. 5, p. 769–784, 1982. DOI: 10.1085/jgp.80.5.769. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6983564/>.

ELLIOTT, Bruce C.; WILSON, Gregory J.; KERR, Graham K. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 21, n. 4, p. 450–462, 1989. DOI: 10.1249/00005768-198908000-00018.

ETTEMA, Gertjan J. C.; HUIJING, Peter A. Properties of the tendinous structures and series elastic component of EDL muscle-tendon complex of the rat. **Journal of Biomechanics**, [S. l.], v. 22, n. 11–12, p. 1209–1215, 1989. DOI: 10.1016/0021-9290(89)90223-6. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0021929089902236?via%3Dihub>.

FARLEY, C. T. Role of the stretch-shortening in jumping. **Journal of Applied Biomechanics**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 436–439, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1123/jab.13.4.436>. Disponível em:

<https://journals.humankinetics.com/view/journals/jab/13/4/article-p436.xml>.

FENN, Wallace. The relation between the work performed and the energy liberated in muscular contraction. **The Journal of physiology**, [S. l.], v. 58, n. 6, p. 373–395, 1924. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1924.sp002141>.

FLECK, Steven J. ...; KRAEMER, William J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. [s.l: s.n.].

FLETCHER, Jared R.; GALLINGER, Tessa; PRINCE, Francois. How can biomechanics improve physical preparation and performance in paralympic athletes? A narrative review. **Sports**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 1–15, 2021. DOI: 10.3390/sports9070089.

FRY, AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 34, n. 10, p. 663–79, 2004. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00004>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200434100-00004>.

GEPFERT, Mariola; FILIP, Aleksandra; KOSTRZEWA, Maciej; KRÓLIKOWSKA, Paulina; HAJDUK, Grzegorz; TRYBULSKI, Robert; KRZYSZTOFIK, Michał. Analysis of power output and bar velocity during various techniques of the bench press among

women. **Journal of Human Sport and Exercise**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 157–165, 2021. DOI: 10.14198/jhse.2021.161.14.

GOLD, John R.; GOLD, Margaret M. Access for all: The rise of the Paralympic Games. **Journal of The Royal Society for the Promotion of Health**, [S. l.], v. 127, n. 3, p. 133–141, 2007. DOI: 10.1177/1466424007077348.

GOUBEL, Francis. Series Elasticity Behavior During the Stretch-Shortening Cycle. **Journal of Applied Biomechanics**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 439–443, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1123/jab.13.4.439>. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/previewpdf/journals/jab/13/4/article-p439.xml>.

GRABINER, M.; OWINGS, T. EMG differences between concentric and eccentric maximum voluntary contractions are evident prior to movement onset. **Experimental Brain Research**, [S. l.], v. 145, n. 4, p. 505–511, 2002. DOI: 10.1007/s00221-002-1129-2.

GREGORY J. WILSON BRUCE C, Graemem A. Wood. **The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement. Medicine and Science in Sports and Exercise**, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1249/00005768-199103000-00016>.

GUANABARA, Editora; LTDA, Koogan; GUANABARA, Editora; LTDA, Koogan. Relative Muscular Endurance Performance as a Predictor of Bench Press Strenght in College Men and Women. **Journal of applied Sport Science Research**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 200–206, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1519/00124278-199211000-00002>.

GUANABARA, Editora; LTDA, Koogan; GUANABARA, Editora; LTDA, Koogan. Estimation of One Repetition Maximum Bench Press for untrained Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], 1998.

GUERRA, Ialuska et al. Are sEMG, Velocity and Power Influenced by Athletes' Fixation in Paralympic Powerlifting? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 19, n. 7, 2022. DOI: 10.3390/ijerph19074127. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19074127>.

HAYNES, Tom; BISHOP, Chris; ANTROBUS, Mark; BRAZIER, Jon. The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, [S. l.], n. February, p. 253–258, 2019. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.08195-1. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/323074590\\_The\\_validity\\_and\\_reliability\\_of\\_the\\_My\\_Jump\\_2\\_app\\_for\\_measuring\\_the\\_reactive\\_strength\\_index\\_and\\_drop\\_jump\\_per](https://www.researchgate.net/publication/323074590_The_validity_and_reliability_of_the_My_Jump_2_app_for_measuring_the_reactive_strength_index_and_drop_jump_performance) formance.

HEADLEY, Samuel A. ...; HERY, Kelley; NINDL, Bradley C. ...; THOMPSON, Brian A. ...; KRAEMER, Willian J. ...; JONES, Margaret T. Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *[S. l.]*, p. 406–413, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bf053b>.

HILL, A. V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences**, *[S. l.]*, v. 126, n. 843, p. 136–195, 1938. DOI: 10.1098/rspb.1938.0050. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rspb.1938.0050>.

HOLLANDER, Daniel B.; KRAEMER, Robert R.; KILPATRICK, Marcus W.; RAMADAN, Zaid G.; REEVES, Greg V.; FRANCOIS, Michelle.; HEBERT, Edward P.; TRYNIECKI, James L. Maximal Eccentric and Conetric Strength Discrepancies Between Young Men and Women for Dynamic Resistance Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, *[S. l.]*, v. 21, n. 1, p. 34–40, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bf053b>.

HOPKINS, William G.; HAWLEY, Jhon A.; BURKE, Louise M. Design and analysis of research on sport performance enhancement. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, *[S. l.]*, p. 472–485, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-199903000-00018>.

HUXLEY, A. F. Muscle structure and theories of contraction. **Progress in biophysics and biophysical chemistry**, *[S. l.]*, v. 7, p. 255–318, 1957. DOI: 10.1016/s0096-4174(18)30128-8.

HUXLEY, A. F. Muscular contraction. **The Journal of Physiology**, *[S. l.]*, v. 243, n. 1, 1975.

JIANG, Pei. Application of 3d analysis technology of vision system image in sports medicine. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, *[S. l.]*, v. 27, n. 4, p. 381–385, 2021. DOI: 10.1590/1517-8692202127042021\_0123. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/gRMsBjKFpbhwHPVFPXZsGFx/?lang=en&format=pdf>

KATZ, Bernhard. The relation between force and speed in muscular contraction. **The Journal of Physiology**, *[S. l.]*, v. 96, n. 1, p. 45–64, 1939. DOI: 10.1113/jphysiol.1939.sp003756.

KOMI, P. V. The stretch-shortening cycle and human power output. **Human muscle power**, *[S. l.]*, p. 27–39, 1986.

KOMI, P. V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, *[S. l.]*, v. 10, n. 4, p.

261–265, 1978. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/750844/>.

KOMI, P. V.; KOMI, P. V.; BUSKIRK, E. R. Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. **Ergonomics**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 417–434, 1972. DOI: 10.1080/00140137208924444.

KOMI, PAAVO V. Physiological and Biomechanical correlates of muscle function: Effects of Muscle Structure and Stretch-Shortening Cycle on Force and Speed. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 81–122, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1249/00003677-198401000-00006>. Disponível em: [https://journals.lww.com/acsm-essr/Citation/1984/01000/Physiological\\_and\\_Biomechanical\\_Correlates\\_of.6.aspx](https://journals.lww.com/acsm-essr/Citation/1984/01000/Physiological_and_Biomechanical_Correlates_of.6.aspx).

KRAEMER, William J. Strength Training: Development and Evaluation of Methodology. **Physiological Assessment of Human Fitness**, [S. l.], v. 23, p. 24, 2006.

KRAEMER, William J.; RATAMESS, Nicholas A. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 674–688, 2004. DOI: 10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61.

KRISTIANSEN, M.; MADELEINE, P.; HANSEN, E. A.; SAMANI, A. Inter-subject variability of muscle synergies during bench press in power lifters and untrained individuals. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 89–97, 2015. DOI: 10.1111/sms.12167.

KUBO, Keitaro; KAWAKAMI, Yasuo; FUKUNAGA, Tetsuo. Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 87, n. 6, p. 2090–2096, 1999. DOI: 10.1152/jappl.1999.87.6.2090. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11114950/>.

LANDER, JEFFREY E.; BATES, BARRY T.; SAWHILL, JAMES A.; HAMILL, JOSEPH. A comparison between free-weight and isokinetic bench pressing. **Sci. Sports Exerc.**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 344–353, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1249/00005768-198506000-00008>.

LASTAYO, Paul; MARCUS, Robin; DIBBLE, Lee; FRAJACOMO, Fernando; LINDSTEDT, Stan. Eccentric exercise in rehabilitation: Safety feasibility, and application. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 116, n. 11, p. 1426–1434, 2014. DOI: 10.1152/jappphysiol.00008.2013.

LEGG, David. Paralympic Games: History and Legacy of a Global Movement. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 417–425,

2018. DOI: 10.1016/j.pmr.2018.01.008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.01.008>.

LESUER, Dale A.; MCCORMICK, James H.; MAYHEW, Jerry L.; WASSERSTEIN, Ronald L.; ARNOLD, Michael D. **The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat, and deadlift.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1997. DOI: 10.1519/00124278-199711000-00001.

LEVINGER, Itamar; GOODMAN, Craig; HARE, David L.; JERUMS, George; TOIA, Deidre; SELIG, Steve. The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 310–316, 2009. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.10.007.

LICHTWARK, G. A.; WILSON, A. M. Is Achilles tendon compliance optimised for maximum muscle efficiency during locomotion? *Journal of Biomechanics*, [S. l.], v. 40, n. 8, p. 1768–1775, 2007. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2006.07.025.

LIEBER, Richard L.; FRIDEN, Jan. Morphologic and mechanical basis of delayed-onset muscle soreness. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 67–73, 2002. DOI: 10.5435/00124635-200201000-00009.

LIEBER, Richard L.; FRIDÉN, Jan. Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *Journal of Science and Medicine in Sport*, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 253–265, 1999. DOI: 10.1016/S1440-2440(99)80177-7.

LINDSTEDT, S. L.; LASTAYO, P. C.; REICH, T. E. When active muscles lengthen: Properties and consequences of eccentric contractions. *News in Physiological Sciences*, [S. l.], v. 16, n. 6, p. 256–261, 2001. DOI: 10.1152/physiologyonline.2001.16.6.256.

LINDSTEDT, Stan L.; REICH, Trade E.; KEIM, Paul; LASTAYO, Paul C. Do muscles function as adaptable locomotor springs? *Journal of Experimental Biology*, [S. l.], v. 205, n. 15, p. 2211–2216, 2002. DOI: 10.1242/jeb.205.15.2211.

MADSEN, NELS; THOMAS, McLaughlin. **Kinematic factors influencing performance and injury risk in the bench press exercise.** *Medicine and science in sports and exercise*, , 1984.

MARTINS-COSTA, H. C.; DINIZ, R. C. R.; MACHADO, S. C.; LIMA, F. V.; CHAGAS, M. H. Impacto de diferentes velocidades de movimento no tempo de transição entre ações musculares excêntricas e concêntricas no exercício supino Impact of different movement velocities on coupling time between. *Motricidade*, [S. l.], v. 8, n. S2, p. 365–372, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2730/273023568044.pdf>.

MCLAUGHLIN, T. M.; MADSEN, N. H. Bench press techniques of elite heavyweight

powerlifters. **J. Strength Cond. Res**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 62–65, 1984. Disponível em: [https://journals.lww.com/nsca-](https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/1984/08000/bench_press__bench_press_techniques_of_elite.10.aspx)

[scj/abstract/1984/08000/bench\\_press\\_\\_bench\\_press\\_techniques\\_of\\_elite.10.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/1984/08000/bench_press__bench_press_techniques_of_elite.10.aspx).

MORITANI, Toshio; MURAMATSU, Shigeru; MURO, Masuo. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, [S. l.], v. 66, p. 338–350, 1987.

NEWTON, Robert U.; MURPHY, Aron J.; HUMPHRIES, Brendan J.; WILSON, Greg J.; KRAEMER, William J.; HÄKKINEN, Keijo. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, [S. l.], v. 75, n. 4, p. 333–342, 1997. DOI: 10.1007/s004210050169.

NORWOOD, Jeff T.; ANDERSON, Gregory S.; GAETZ, Michael B.; TWIST, Peter W. Electromyographic activity of the trunk stabilizers during stable and unstable bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 343–347, 2007. DOI: 10.1519/R-17435.1.

PEAKE, Jonathan M.; NEUBAUER, Oliver; GATTA, Paul A. Dell.; NOSAKA, Kazunori. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 122, n. 3, p. 559–570, 2017. DOI: 10.1152/jappphysiol.00971.2016.

RASSIER, Dilson E.; HERZOG, Walter. Force enhancement following an active stretch in skeletal muscle. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 471–477, 2002. DOI: 10.1016/S1050-6411(02)00041-X.

REYNOLDS, Jeff M.; GORDON, Toryanno J.; ROBERGS, Robert A. Prediction of One Repetition Maximum Strength From Multiple Repetition Maximum Testing and Anthropometry. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], p. 584–592, 2006.

RODRÍGUEZ-RIDAO, David; ANTEQUERA-VIQUE, José A.; MARTÍN-FUENTES, Isabel; MUYOR, José M. Effect of five bench inclinations on the electromyographic activity of the pectoralis major, anterior deltoid, and triceps brachii during the bench press exercise. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 17, n. 19, p. 1–11, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17197339.

SAETERBAKKEN; ATLE H. FILMLAND, Marius S. ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY AND 6RM STRENGTH IN BENCH PRESS ON STABLE AND UNSTABLE SURFACES. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [S. l.],

v. 27, n. 4, p. 1101–1107, 2013.

SAKAMOTO, Akihiro; SINCLAIR, Peter James; MORITANI, Toshio. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 112, n. 3, p. 1015–1025, 2012. DOI: 10.1007/s00421-011-2059-0.

SALE, D. .. **Effect of strength training upon motoneuron excitability in man.** , 1983. Disponível em: [papers2://publication/uuid/46572C3C-2506-4DDB-A149-571E99C1CB25](https://papers2://publication/uuid/46572C3C-2506-4DDB-A149-571E99C1CB25).

SCHOENFELD, Brad J.; CONTRERAS, Bret; VIGOTSKY, Andrew D.; OGBORN, Dan; FONTANA, Fabio; TIRYAKI-SONMEZ, Gul. Upper body muscle activation during low-versus high-load resistance exercise in the bench press. **Isokinetics and Exercise Science**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 217–224, 2016. DOI: 10.3233/IES-160620.

SCHOENFELD, Brad J.; OGBORN, Dan I.; KRIEGER, James W. Effect of Repetition Duration During Resistance Training on Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 577–585, 2015. DOI: 10.1007/s40279-015-0304-0.

SCHOENFELD, Brad J.; OGBORN, Dan I.; VIGOTSKY, Andrew D.; FRANCHI, Martino V.; KRIEGER, James W. Hypertrophic Effects of Concentric vs. Eccentric Muscle Actions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 31, n. 9, p. 2599–2608, 2017.

SCOZ, Robson Dias; ESPINDOLA, Thiago Roberto; SANTIAGO, Mateus Freitas; DE OLIVEIRA, Paulo Rui; ALVES, Bruno Mazziotti Oliveira; FERREIRA, Luciano Maia Alves; AMORIM, César Ferreira. Validation of a 3d camera system for cycling analysis. **Sensors**, [S. l.], v. 21, n. 13, p. 1–11, 2021. DOI: 10.3390/s21134473. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/352852419\\_Validation\\_of\\_a\\_3D\\_Camera\\_System\\_for\\_Cycling\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/352852419_Validation_of_a_3D_Camera_System_for_Cycling_Analysis).

SILVA, Bárbara Gama Da. **Estudo da atividade eletromiográfica e de parâmetros cinemáticos do supino paralímpico de alto rendimento.** 2015. [S. l.], 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14102>.

SILVERTHORN, Dee Unglaub. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada.** [s.l: s.n.].

STASTNY, Petr; GOŁAŚ, Artur; BLAZEK, Dusan; MASZCZYK, Adam; WILK, Michał; PIETRASZEWSKI, Przemysław; PETR, Miroslav; UHLIR, Petr; ZAJAC, Adam. A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press

movement task. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 1–16, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0171632.

THYS, H.; MARGARIA, R. Utilization of muscle elasticity in exercise. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 32, n. 4, 1972.

TUCKER, Catherine B.; ANDERSON, Ross; KENNY, Ian C. Is outcome related to movement variability in golf? **Sports Biomechanics**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 343–354, 2013. DOI: 10.1080/14763141.2013.784350. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24466647/>.

TURNER, Anthony N.; JEFFREYS, Ian. The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. **Strength and Conditioning Journal**, [S. l.], v. 32, n. 4, p. 87–99, 2010. DOI: 10.1519/SSC.0b013e3181e928f9.

VAN DEN TILLAAR, Roland; ETTEMA, Gertjan. The “sticking period” in a maximum bench press. **Journal of Sports Sciences**, [S. l.], v. 28, n. 5, p. 529–535, 2010. DOI: 10.1080/02640411003628022.

VAN DEN TILLAAR, Roland; ETTEMA, Gertjan. A comparison of muscle activity in concentric and counter movement maximum bench press. **Journal of Human Kinetics**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 63–71, 2013. DOI: 10.2478/hukin-2013-0046.

VAN DEN TILLAAR, Roland; SAETERBAKKEN, Atle Hole; ETTEMA, Gertjan. Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press? **Journal of Sports Sciences**, [S. l.], v. 30, n. 6, p. 591–599, 2012. DOI: 10.1080/02640414.2012.658844.

WALSHE, Andrew D.; WILSON, Greg J.; ETTEMA, Gertjan J. C. Stretch-shorten cycle compared with isometric preload: contributions to enhanced muscular performance. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 84, n. 1, p. 97–106, 1998.

WILK, Michal; GEPFERT, Mariola; KRZYSZTOFIK, Michal; MOSTOWIK, Aleksandra; FILIP, Aleksandra; HAJDUK, Grzegorz; ZAJAC, Adam. Impact of duration of eccentric movement in the one-repetition maximum test result in the bench press among women. **Journal of Sports Science and Medicine**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 317–322, 2020. a.

WILK, Michal; GOLAS, Artur; KRZYSZTOFIK, Michał; NAWROCKA, Monika; ZAJAC, Adam. The effects of eccentric cadence on power and velocity of the bar during the concentric phase of the bench press movement. **Journal of Sports Science and Medicine**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 191–197, 2019.

WILK, Michal; GOLAS, Artur; ZMIJEWSKI, Piotr; KRZYSZTOFIK, Michal; FILIP,

Aleksandra; COSO, Juan Del; TUFANO, James J. The Effects of the Movement Tempo on the One-Repetition Maximum Bench Press Results. **Journal of Human Kinetics**, [*S. l.*], v. 72, n. 1, p. 151–159, 2020. b. DOI: 10.2478/hukin-2020-0001.

WILSON, G. J.; WOOD, G. A.; ELLIOTT, B. C. Optimal stiffness of series elastic component in a stretch-shorten cycle activity. **Journal of Applied Physiology**, [*S. l.*], v. 70, n. 2, p. 825–833, 1991. DOI: 10.1152/jappl.1991.70.2.825.

WILSON, Gregory J.; ELLIOTT, Bruce C.; KERR, Graham K. Bar Path and Force Profile Characteristics for Maximal and Submaximal Loads in the Bench Press. **International Journal of Sport Biomechanics**, [*S. l.*], v. 5, n. 4, p. 390–402, 1989. DOI: 10.1123/ijsb.5.4.390. Disponível em:

<https://journals.humankinetics.com/view/journals/jab/5/4/article-p390.xml>.

WILSON, Gregory J.; ELLIOTT, Bruce C.; WOOD, Graeme A. **The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement.** **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 1991. DOI: 10.1249/00005768-199103000-00016.

WINTER, David A. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement: Fourth Edition.** [s.l.: s.n.]. DOI: 10.1002/9780470549148.

WŁODARCZYK, Michał; ADAMUS, Przemysław; ZIELIŃSKI, Jacek; KANTANISTA, Adam. Effects of velocity-based training on strength and power in elite athletes—a systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [*S. l.*], v. 18, n. 10, p. 1–13, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18105257. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8156188/pdf/ijerph-18-05257.pdf>.

YOUNG, Warren B. Transfer of strength and power training to sports performance. **International journal of sports physiology and performance**, [*S. l.*], v. 1, n. 2, p. 74–83, 2006. DOI: 10.1123/ijsp.1.2.74.