

Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

2023

Estudo do desempenho motor e autonômico
de atletas de levantamento de peso



PPGRDF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
REABILITAÇÃO E DESEMPENHO FUNCIONAL
FMRP-USP



Arthur Marques Zecchin
Oliveira

Tese

ARTHUR MARQUES ZECCHIN OLIVEIRA

Estudo do desempenho motor e autonômico de atletas de levantamento de peso

Documento apresentado a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo exigido para a obtenção do título de Doutor em Reabilitação e Desempenho Funcional.

Área de concentração: Fisioterapia

Orientador: Prof. Dr. Enrico Fuini Puggina

Versão corrigida. A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD)

Ribeirão Preto

2023

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Assinatura: _____ Data ___ / ___ / ___

Catálogo da Publicação
Serviço de Documentação da Faculdade de Medicina
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Oliveira, Arthur Marques Zecchin.

Estudo do desempenho motor e autonômico de atletas de levantamento de peso.

Pág. 46

Orientador: Prof. Dr Enrico Fuini Puggina

Coorientador: Prof Dr Omero Benedicto Poli Neto

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Fisioterapia.

Palavras chave: levantamento de peso Olímpico. 2. CrossFit. 3. variabilidade da frequência cardíaca. 4. força máxima. 5. desempenho físico.

OLIVEIRA, Arthur Marques Zecchin

Estudo do desempenho motor e autonômico de atletas de levantamento de peso

Documento apresentado a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo exigido para a obtenção do título de Doutor em Reabilitação e Desempenho Funcional.

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2. Apresentação do modelo escandinavo

Figura 1. Comportamento da variabilidade da frequência cardíaca de um atleta de CrossFit.....	18
------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

1RM: Uma repetição máxima.

Capex: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Dalda: The daily Analysis of Life demands for Athletes.

DJ: Drop jump.

CMJ: Counter movement jump.

DOI: Digital Object Identifier.

FI: Fator de impacto.

FCmáx: Frequência cardíaca máxima.

HF: High frequency.

iR-R: índice RR.

LF: Low frequency.

NN50: número de intervalos adjacentes R-R que variam mais do que 50ms

R-R: média de intervalos entre todos os R-R.

SDNN: média do desvio padrão de todos os intervalos normais R-R, em todos os segmentos.

rMSSD: Raiz quadrada da diferença média entre todos os intervalos R-R e os intervalos R-R adjacentes

SJ: Squat jump.

TOEFL: Test of English as a Foreign Language.

VFC: Variabilidade da frequência cardíaca.

VLf: Very low frequency.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu orientador, professor Enrico Fuini Puggina, por todo auxílio com o doutorado e com diversas questões relacionadas a minha carreira profissional, sempre muito paciente e solícito, sendo além de professor e orientador, um grande amigo. Agradecer ao meu coorientador Omero Benedicto Poli Neto, por todo o ensinamento com a estatística e com as questões relacionadas a estudos epidemiológicos. Agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Brasil - CAPES), código de financiamento 001, pela concessão da bolsa de estudos, que me permitiu focar mais no meu doutorado. A minha família (Eduarda e Miguel) pelo carinho, apoio e amor infinito. A Deus por me mostrar todos os dias a sua presença ao meu lado, fortalecendo minha fé e motivação para sempre buscar ser uma pessoa melhor.

Oliveira, A. M. Z. Estudo do desempenho motor e autonômico de atletas de levantamento de peso. 2023, 47 páginas. Tese de Doutorado. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

RESUMO

Relatos da utilização do treinamento peso foi introduzido por volta de 4000 a.C., no Egito, 2500 a.C. na China, e já em 776 a.C. na Grécia, nos Jogos Olímpicos da Antiguidade. Sua aplicação foi modificada pela história, desde a antiguidade quando se utilizava do levantamento de peso para a batalha, até as competições após 1890 onde os fatores técnico e de performance foram aprimorados (levantamento de peso Olímpico [LPO]). No treinamento de LPO (*snatch, clean and jerk*) é comum utilizar também dos exercícios fundamentais de força nos treinos (ex: *front squat, overhead press*). No Brasil, a partir de 2010 o LPO se popularizou devido a chegada da marca CrossFit. Com o maior interesse do público, estudos foram confeccionados para entender diferentes fatores relacionados a prática do levantamento de peso e sua aplicação no CrossFit (que tem sua base no levantamento de peso). Havia uma limitação na literatura sobre a utilização dos exercícios fundamentados de força para melhora do LPO. Apesar de a literatura demonstrar correlação entre as modalidades, não se sabia ao certo a quantificação do conjunto dos exercícios fundamentais de força a fim de descrever sua influência na performance do LPO. Ainda, sobre a prática do CrossFit baseada no levantamento de peso e outras modalidades desportivas, não existiam estudos reportando sua prática em atletas de elite, de forma crônica (competição), nas variáveis autonômicas, de potência anaeróbia e fadiga, ainda, correlacionando com o polimento. A presente tese apresentou a associação entre os movimentos de levantamento de peso Olímpico e os exercícios fundamentais de força baseado na teoria da força generalizada (Estudo 1). Ainda, esta tese reporta como atletas de elite se comportaram em dois dias de competição simulada de CrossFit nos parâmetros autonômicos, de potência anaeróbia e fadiga (Estudo 2). 19 participantes (levantadores de peso bem treinados) foram recrutados no Estudo 1,

modelos de regressão múltiplas foram utilizados para observar a associação entre os exercícios fundamentais de força (*overhead press, front squat e deadlift*) e o LPO. No Estudo 2 foram recrutados 11 participantes no grupo controle (CON) e 10 participantes no grupo intervenção (INT). O grupo INT realizou dois dias de competição simulada de CrossFit sendo avaliados os parâmetros autonômicos, neuromusculares e de fadiga em diversos momentos pre- durante e pos-simulação. Ainda, foi analisado e correlacionado os parâmetros mencionados com o polimento. Antes de ambos os estudos ocorrerem o projeto inicial foi enviado e aceito pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da USP de Ribeirão Preto. Todos os participantes concordaram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Os principais resultados foram: uma associação baixa e moderada (alcance $r^2 = 0.46-0.62$) entre os exercícios fundamentais de força (*overhead press e front squat*) e o LPO (Estudo 1). No Estudo 2 foi observada uma diminuição apenas da atividade parassimpática intra-dias mas não inter-dias. Houve correlação moderada entre a potência anaeróbia e o polimento ($r = 0.44$, $p = 0.047$).

A presente tese concluí que atletas e treinadores de levantamento de peso devem continuar a utilizar os exercícios fundamentais de força como meio para melhora/manutenção do LPO, e que atleta de CrossFit devem utilizar de mais de um meio para monitoramento do treinamento físico/competição para um melhor entendimento e aplicação prática (ex: variabilidade da frequência cardíaca e salto vertical).

Palavras-chave: levantamento de peso Olímpico; CrossFit; variabilidade da frequência cardíaca; força máxima; desempenho físico.

Oliveira, A. M. Z. Study of motor and autonomic performance in weightlifting athletes. 2023, 47 pages. Doctoral thesis. Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

ABSTRACT

Reports of the use of weightlifting date back to 4000 BC in Egypt, 2500 BC in China and as early as 776 BC in Greece, in the Olympic Games of antiquity. The use of weightlifting has changed over the course of history, from ancient times, when it was used for combat, to the competitions after 1890, when the technical and performance factors were improved (Olympic weightlifting [LPO]). In LPO training (snatch, clean and jerk), it is common to include basic strength exercises in the training (e.g. front squat, overhead press). In Brazil, LPO has become popular since 2010 with the arrival of the CrossFit brand. With the increased public interest, studies have been conducted to understand different factors related to the practice of weightlifting and its application in CrossFit (which is based on weightlifting). There has been a limitation in the literature on the use of strength-based exercises to improve LPO. Although the literature shows a correlation between the modalities, it was not known with certainty how to quantify the set of core strength exercises to describe their influence on LPO performance. Still, about the practice of CrossFit based on weightlifting and other sports, there were no studies reporting its practice in elite athletes, chronic (competition), on the autonomic variables, anaerobic power and fatigue, yet, correlating it with polishing. This thesis presents the relationship between Olympic weightlifting movements and fundamental strength exercises based on generalized strength theory (Study 1). This thesis also reports how elite athletes performed in a two-day simulated CrossFit competition on autonomic, anaerobic power and fatigue parameters (Study 2). 19 participants (well-trained weightlifters) were recruited in Study 1, multiple regression models were used to observe the association between fundamental strength exercises (overhead press, front squat and deadlift) and LPO. In Study 2, 11 participants were recruited in the control group (CON) and 10 participants in the intervention group (INT). The INT group performed two days of simulated

CrossFit competition, being evaluated the autonomic, neuromuscular and fatigue parameters at different pre- and post-simulation moments. In addition, the mentioned parameters were analyzed and correlated with the tapering phase. Before both studies took place, the initial project was sent and accepted by the Research Ethics Committee of the School of Physical Education and Sports of the USP in Ribeirão Preto. All participants agreed and signed the informed consent form. The main results were: a low and moderate association (range $r^2= 0.46-0.62$) between fundamental strength exercises (overhead press and front squat) and LPO (Study 1). In Study 2, a decrease in only intra-day but not inter-day parasympathetic activity was observed. There was a moderate correlation between anaerobic power and tapering ($r= 0.44$, $p= 0.047$).

This thesis concludes that weightlifting athletes and coaches should continue to use basic strength exercises as a means to improve/maintain LPO, and that CrossFit athletes should use more than one means of monitoring physical training/competition for better understanding and practical application (e.g. heart rate variability and vertical jump).

Keywords: weightlifting; CrossFit; heart rate variability; maximum strength; physical development.

SUMÁRIO

<i>CAPITULO 1. ATIVIDADES REALIZADAS</i>	1
1 Atividades realizadas durante o doutorado.....	2
<i>CAPITULO 2. APRESENTAÇÃO DO MODELO ESCANDINAVO</i>	11
2 Apresentação do modelo escandinavo.....	12
2.1 Introdução	13
2.1.1 O levantamento de peso Olímpico e os exercícios básicos de força	13
2.1.2 Controle de carga de treino e recuperação.....	16
2.2 OBJETIVOS	20
2.4 REFERÊNCIAS.....	21
<i>CAPITULO 3. ESTUDO 1</i>	24
<i>CAPITULO 4. ESTUDO 2</i>	26
<i>CAPITULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	28
5.1 Limitações e pontos positivos da tese.....	29
5.2 Considerações finais	30
5.3 Conclusões da tese.....	31
<i>CAPITULO 6. ANEXOS</i>	32
ANEXO 1	33
ANEXO 2	34

CAPITULO 1. ATIVIDADES REALIZADAS

1 Atividades realizadas durante o doutorado

Nesta seção, apesar desta não ser uma parte formal do texto a ser entregue para obtenção do título de Doutor, julgo importante expor minha trajetória profissional e acadêmica durante o período de doutoramento. Justifico este tópico por entender que a banca e os possíveis leitores deste estudo devem ter acesso a todo o meu processo formativo, que culminou neste trabalho, e não apenas ao produto final desta etapa de minha formação acadêmica.

No primeiro semestre de 2019 iniciei, em conjunto com meu orientador, o esboço do projeto que viria a ser submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, bem como preparávamos para após a aprovação, iniciarmos os experimentos. Também iniciei algumas disciplinas a fim de obter mais conhecimento específico com relação ao treinamento e fisiologia do exercício, assim como os créditos necessários para a obtenção do Doutorado após a defesa da tese. Nesse sentido, realizei a disciplina de “Tópicos avançados em fisiologia”, na qual obtive com êxito 2 (dois) créditos (código: RFI5746-7/10); “Adaptações cardiovasculares e doenças crônico-degenerativas: efeitos do treinamento físico”, 3 (três) créditos (código: RDF5708-2/2); “Seminário II”, onde presenciei inúmeras defesas de doutorado, anotando e comentando sobre cada apresentação, 2 (dois) créditos (código: RDF5726-1/2); Metodologia de pesquisa científica em educação física e esporte, 4 (quatro) créditos (código: EFR5002-1/4); “Ética em pesquisa”, 4 (quatro) créditos (código: RDF5712-3/4); “Pedagogia em esportes coletivos”, 6 (seis) créditos (código: EFR5017-1/1); e “Métodos invasivos e não invasivos de avaliação, prescrição e monitoramento do treinamento aeróbio e anaeróbio”, 6 (seis) créditos (código: EFR5005-2/1).

De todas as disciplinas cursadas, apenas a disciplina “tópicos avançados em fisiologia” foi finalizada com conceito “B” (devido ao meu trabalho, neste momento, tomar parte do horário das aulas e eu chegar um pouco mais tarde uma vez por semana, isso foi explicado ao professor responsável e o mesmo autorizou minha presença [neste período eu ainda não havia sido beneficiado com a bolsa de

estudos]). Em todas as demais disciplinas, obtive o conceito “A” após suas finalizações, totalizando 27 créditos (sendo 20 créditos necessários para a defesa da tese de doutorado).

No meio do ano de 2019, me foi concedida uma bolsa CAPES pelo programa de Reabilitação e Desempenho Funcional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, com validade de 3 anos. A obtenção da bolsa de estudos me permitiu maior dedicação ao doutorado, pude pensar nos experimentos e nos trabalhos a serem realizados com mais calma. Também me permitiu ter mais tempo para estudar e escrever textos decorrentes dos estudos inicialmente planejados.

Desde o início do meu doutoramento, estive ativo, coletando dados para a produção de estudos científicos e apresentação de trabalhos em congressos científicos internacionais. De forma específica, os temas que desenvolvi durante o doutorado foram todos relacionados ao monitoramento de treinamento físico e desempenho humano, dentre eles, o controle do sistema nervoso autônomo, análise de lactato, utilização de escalas validadas (ex: questionário Dalda), avaliação da força, potência e resistência aeróbia, análise psicológica de praticantes de CrossFit a nível recreativo e competitivo, e revisões de literatura. Esta experiência com a escrita científica foi positiva e me mostrou que era preciso de uma maior aproximação com pesquisadores internacionais para um melhor entendimento a respeito da produção de artigos científicos.

No ano de 2019, durante uma palestra internacional realizada na Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, tive a oportunidade de conhecer o professor Tibor Hortobagyi (à época na Universidade de Groningen, Holanda), que após inúmeras reuniões presenciais e *online*, aceitou o convite para me auxiliar a melhorar minha escrita científica. Neste processo, e por intermédio do Professor Hortobagyi, fui apresentado ao Professor Urs Granacher (na ocasião na Universidade de Potsdam, e atualmente na Universidade de Freiburg, Alemanha), para em conjunto com meu orientador, estudarmos as questões referentes à escrita e método científico inerentes aos trabalhos que compõe esta tese. Esta aproximação gerou uma parceria que perdura até hoje, inclusive com a redação dos dois trabalhos (capítulos 3 e 4 desta tese).

Em fevereiro de 2022, por iniciativa e investimento próprios, estive durante o período de um mês na Universidade de Groningen, na Holanda, onde me reuni diariamente com o professor Tibor Hortobagyi (do qual recebi o convite para ir trabalhar com ele em alguns estudos empíricos) para aprender, discutir e escrever três artigos científicos relacionado à carga de treinamento no CrossFit e no levantamento de peso Olímpico. Após meu retorno ao Brasil, recebi o convite do mesmo professor para realizar um doutorado sanduiche, mas o mesmo não foi consolidado (apesar de eu ter conseguido a nota mínima para aprovação da língua inglesa pela Capes, doutorado sanduiche [TOEFL ITP, 533]) por ele decidir se aposentar no final do ano de 2022 e retornar ao seu país natal (Hungria). Apesar disto, o convite ainda é valido para parcerias de pesquisa, estágio e até pós-doutorado.

Abaixo, minha experiência profissional durante o período de doutorado é exposta.

Ano	Cargo/Função
2022	Estágio não remunerado, Universidade de Groningen, carga horária: 160 h – Groningen, Holanda
2022	Estágio não remunerado, Confederação brasileira de atletismo, carga horária: 48 h – Bragança Paulista, SP, Brasil.
2021-2022	Monitor, projeto de extensão “Corridas e caminhadas da USP”, carga horaria: 624 h – Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Durante o doutorado procurei me aperfeiçoar na produção científica. Intensifiquei o processo de aprendizagem, totalizando 9 artigos publicados durante o doutorado utilizando de temas relacionados a tese. Abaixo segue os artigos já publicados em revistas científicas nacionais e internacionais.

1- ZECCHIN, A.; DOMICIANO, R. A. M.; RIBEIRO, V. B.; PUGGINA, E. F. *Training routine and motivation among CrossFit® participants in Brazil and Portugal during the COVID-19: an observational study.* Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício. v. 14, p. 907-916, 2022.

2- ZECCHIN-OLIVEIRA, A. M.; DECHECHI, C. J.; FUJITA, R. A.; RIBEIRO, V. B.; MENEZES-REIS, R.; PUGGINA, E. F. *Physiological responses over CrossFit athletes in the Brazil CrossFit championship.* Integrative Clinical Medicine. v. 4, p. 1-4, 2020.

3- ZECCHIN-OLIVEIRA, A. M.; SILVA, A. P.; PISA, M.; GONÇALVES, T. C. P.; BASSETI, V. L.; PUGGINA, E. F. *Lesiones em participantes principiantes/intermédios de CrossFit: uma revision sistemática.* Revista Andaluza de Medicina Del Deporte. v. 11, p.1-12, 2020.

4- ZECCHIN, A.; PUGGINA, E. F.; GRANACHER, U.; HORTOBAGYI, T. *two days of simulated competition affect autonomic nervous system but not anaerobic power or fatigue.* The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. v. 62, p. 1-10, 2021.

5- TIBANA, R. A.; SOUSA, M. F. N.; ZECCHIN, A.; RIBEIRO, N. F.; NETO, J. H. F. *Time course of recovery following CrossFit® Karen Benchmark Workout in trained men.* Sports. v. 1, P. 1-12, 2021.

6- ZECCHIN, A.; COSTA, L. A. A. G.; PUGGINA, E. F. *Physiological and Psychological Tests Involving a Professional CrossFit Athlete: A Case Report.* Array Publishers. v. 2, p. 128-129, 2021.

7- ZECCHIN, A.; PUGGINA, E. F. *How to analyze more precisely physiological anaerobic responses in CrossFit practitioners?* Integrative Clinical Medicine. v. 4, p. 1-3. 2021.

8- ZECCHIN, O. *Heart rate variability to evaluate stress and recovery: Is it a valid method?* Journal of Heart and vasculature. v. 1, p. 1-2, 2021.

9- ZECCHIN, A.; PUGGINA, E. F.; HORTOBAGYI, T.; GRANACHER, U. *Association between foundation strength and weightlifting exercises in highly trained weightlifters: Support for a general strength component.* Journal of Strength and Conditioning Research. v. in Press, p. 1-13, 2023.

No ano de 2021, me dediquei a escrever sobre treinamento físico para estudantes e treinadores. Optei então, por arriscar-me a produzir um material de maior facilidade de leitura, com linguagem simplificada e que dialogasse com a prática da profissão. A partir dessas inquietações, e mesmo com todos os afazeres inerentes ao Doutorado, consegui redigir um livro. Após aceite da editora CRV, de Londrina, no final de 2021 a primeira edição do livro intitulado “Guia do Treinador de Força e Condicionamento Físico” foi publicada.

01	ZECCHIN, A. <u>Guia do treinador de força e condicionamento físico.</u> Londrina: CRV editora, 2021 v. 1, 178p.
-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Durante todo o período de doutorado, procurei me manter atualizado em ciência, participando e apresentando trabalhos anualmente nos principais congressos da área de treinamento físico.

Entre eles se destacam:

ZECCHIN-OLIVEIRA, A. M.; PUGGINA, E. F. *Injury in CrossFit beginners/ intermediaries participants: a systematic review.* VII congresso internacional de Ciência do Desporto, 2019.

DECHECHI, D. J.; ZECCHIN-OLIVEIRA, A. M. *Comparação entre força voluntária máxima do exercício de agachamento de atletas de CrossFit e musculação.* Congresso de iniciação científica e pesquisa – UNAERP, 2019.

ZECCHIN-OLIVEIRA, A. M.; DECHECHI, D. J.; FUJITA, R. A.; RIBEIRO, V. M. C.; MENEZES-REIS, R.; PUGGINA E. F. *Autonomic response over a short CrossFit training in elite athletes.* in: 25th European College of Sport Science Congress, 2020.

ZECCHIN, A. *Webnar Educação Física no SUS, Simpósio de atividade Física e Saúde, 2021.*

ZECCHIN, A.; PUGGINA, E. F.; GRANACHER, U.; HORTOBAGYI, T. *The physiological effects of a competition day in CrossFit athletes, VIII Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício, 2021.*

MANECHINI, J. P.; ZECCHIN, A.; PUGGINA, E. F. *Estudos dos fatores determinantes do desempenho em provas de meio fundo e fundo no atletismo, VIII Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício, 2021.*

ZECCHIN, A.; PUGGINA, E. F.; GRANACHER, U.; HORTOBAGYI, T. *The Physiological Effects of Two Competition Days in CrossFit Athletes.* International Congress of Education, Health and Human Movement, 2021.

ZECCHIN, A.; PUGGINA, E. F.; GRANACHER, U.; HORTOBAGYI, T. *Fatigue and stress responses in athletes performing a single bout of functional-fitness training workout and its*

association with well-being. 12º International congress of education, health and human movement, 2022.

No último congresso em que participei e tive a oportunidade de apresentar um trabalho (Hungria), recebi um convite para publicar o trabalho apresentado na Revista *Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*. O artigo está em fase de publicação.

Ainda, e na minha opinião como reconhecimento do trabalho que vinha sendo desenvolvido até então, fui convidado para ser revisor de diversos artigos na área de treinamento físico, desempenho e fisiologia do exercício. Eles estão listados abaixo:

- 01** Revisor científico de diversos periódicos na “Revista Andaluza de Medicina Del Deporte”, Espanha, desde 2019.
- 02** Revisor científico de diversos periódicos na “Sports Science for health”, Estados Unidos Da América, desde 2021.
- 03** Revisor científico de diversos periódicos na “BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation”, Estados Unidos Da América, desde 2021.
- 04** Revisor científico de diversos periódicos na “Revista Brasileira de Ciência e Movimento”, Brasil, desde 2021.
- 05** Revisor científico de diversos periódicos na “Journal Think in/about Motion”, Costa Rica, desde 2022.
- 06** Revisor científico de diversos periódicos na “Journal of Basics Applied Research International”, Índia, desde 2022.

- 07** Revisor científico de diversos periódicos na “International Journal of Sports Science and Physical Education”, Estados Unidos da América, desde 2022.

Após o aprendizado de revisão e organização de artigos científicos, fui convidado pelos editores chefe, Jonato Prestes e Covadonga Lopes para fazer parte do grupo de editor assistente de duas revistas, sendo uma brasileira (Qualis: B2) e outra espanhola (Qualis: B1).

- 01** Editor científico do periódico “Revista Brasileira de Ciência e Movimento”, da Universidade Católica de Brasília, desde 2022.
- 02** Editor científico do periódico “Revista Andaluza de Medicina del Deporte”, Junta Andaluza, desde 2022.

Em resumo, após o início do doutorado em 2019, tratei de cursar o máximo de disciplinas possíveis para obter mais conhecimento e me auxiliar de alguma forma na formulação da minha tese.

Após a aquisição da bolsa de doutorado da CAPES, consegui desenvolver um trabalho de forma íntegra e mais focada seguindo o conhecimento de ensino, pesquisa e extensão, na qual a Universidade de São Paulo me deu total apoio (Faculdade de Medicina e Escola de Educação Física e Esporte, Ribeirão Preto). Após meu retorno da Holanda, onde estagiei por um mês com o professor Tibor consegui fortalecer vínculos com pesquisadores internacionais, me senti mais preparado para seguir a carreira acadêmica. Além dos artigos já publicados, possuímos em torno de 10 artigos já submetidos ou em processo de submissão, todos relacionados a temática do treinamento físico e desempenho esportivo. Meu orientador (professor Enrico Fuini Puggina) a todo momento me

incentivou a buscar novas formas de conhecimento, e isso foi um grande diferencial para minha formação. Ainda, participei de um projeto de extensão pela Universidade de São Paulo, que enriqueceu minha experiência e interesse de oferecimento de atividades esportivas para a comunidade. Desde o início do doutorado, procurei ser ativo como revisor de periódicos de revistas científicas com diferentes temáticas relacionadas ao treinamento físico e desempenho esportivo. Devido a boa relação que estabeleci com os editores chefes de duas revistas citadas anteriormente, recebi o convite para fazer parte do corpo editorial, que exigiu mais tempo e conhecimento técnico-científico. Por fim, meu livro publicado pela editora CRV foi um grande desafio, tendo em vista o tempo que tive que me dedicar para termina-lo. Confesso que o período de pandemia, no primeiro *lock down* me permitiu ter mais tempo para focar na sua escrita. A disciplina e a persistência para escreve-lo rendeu bons frutos, sendo que no mês de outubro de 2022 recebi um e-mail da Amazon informando que meu livro estava no top 15 de vendas na área de treinamento físico. Acredito que terminarei esta pós graduação (*stricto sensu*) com vantagens competitivas para participar de concursos públicos, tendo em vista o ensino, a pesquisa e a extensão.

CAPITULO 2. APRESENTAÇÃO DO MODELO ESCANDINAVO

2 Apresentação do modelo escandinavo

A escolha por realizar o “modelo escandinavo” foi tomada devido ao projeto inicial (respostas gênicas em atletas de CrossFit) ser interrompido ainda no em sua fase inicial devido a pandemia do coronavírus (SARS-CoV-2). Entre 2019-2023 (ano de início e término do doutorado), foram realizados inúmeros trabalhos, porém, apenas dois deles, por uma questão de lógica temática, foram inseridos na presente tese. Nesse contexto, tenho comigo que estes representam muito bem, parte de todo o conhecimento adquirido e produzido durante esses anos.

Assim sendo, nos próximos capítulos serão apresentados os dois estudos mencionados, sob forma de capítulos, e devido ao fato de já terem sido publicados em revistas de seletiva política editorial, estão representados pelos seus DOI (*Digital Object Identifier*).

Frente à linha de raciocínio apresentada, a problemática central dos trabalhos apresentados na presente tese consiste em duas perguntas, sendo elas: “Existe associação entre movimentos selecionados de exercícios básicos de força e levantamento de peso olímpico em atletas de levantamento de peso olímpico?” (Estudo 1 – capítulo 3), e “qual o comportamento dos parâmetros autonômicos em atletas de CrossFit realizando dois dias de simulação de competição, e qual a sua relação com a fadiga e performance?” (Estudo 2 – Capítulo 4).

Esta opção se justifica na intenção de estimular alunos do ensino superior a formular e aprender a organizar artigos científicos, o que condiz com uma das funções dos docentes de ensino superior, além de possibilitar a publicação de estudos derivados dos experimentos realizados durante o Doutorado de forma mais rápida.

2.1 Introdução

2.1.1 O levantamento de peso Olímpico e os exercícios básicos de força

A teoria e a prática do treinamento físico e esportivo tem sido discutidas desde a Grécia antiga, quando as sessões de treinamento eram divididas em planos de quatro dias (sistema tetra proposto por *Philostratus*), muito semelhante ao que chamamos hoje de microciclo (1). Fundamentalmente, as sessões de treinamento eram estruturadas nas quais utilizava-se de exercícios de halterofilismo (levantamento de peso), corridas e exercícios realizados com a própria massa corporal. Em conjunto com outras práticas cotidianas (como a música e a literatura), o objetivo desse conjunto de atividades era o desenvolvimento integral do homem (2).

Com a experiência, relatos de bons resultados e as contribuições advindas dos Jogos Olímpicos da era antiga, entendeu-se que a preparação física básica do homem era compreendida por determinados fatores, dentre eles a resistência e a força muscular (3). Com o avançar do conhecimento na área do treinamento físico, percebeu-se que diferentes técnicas de treino produziam resultados (desempenho) diferentes. Com isso, foi possível racionalizar sobre os diferentes efeitos do treinamento e suas implicações nos mais diversos contextos de prática, o que nos conduz ao princípio da especificidade (4). Apesar disso, tem-se que determinados tipos de exercício são de uso comum para a grande maioria dos esportes, sejam eles individuais ou coletivos (5-8), dado o seu potencial de melhora de fatores básicos à melhora do desempenho a longo prazo. Este é o caso dos levantamentos de peso, sejam eles os levantamentos básicos (exercícios de fundamentação de força básica) ou os Levantamentos Olímpicos (exercícios de desenvolvimento da força/potência muscular). A escolha pelos meios de treinamento normalmente se dão pela expressão das capacidades motoras inerentes à prática, havendo, como mencionado anteriormente, elementos comuns para a maioria das exigências físicas/esportes (9).

Os levantamentos de peso tem se mostrado eficazes para o desenvolvimento de três pilares do desempenho físico, sendo estes a força, a velocidade e a combinação destas duas, expressada pela

potência (10). De forma específica, o levantamento de peso pode ser dividido em: 1) Exercícios básicos (fundamentais) de força, sendo estes os exercícios utilizados para trabalhar o corpo de forma menos inercial (como no treinamento balístico ou na pliometria), não utilizando tanto da potência, mas sim com grandes exigências contráteis concêntricas e excêntricas (força máxima); 2) Os levantamentos de peso Olímpico, nos quais se incluem movimentos como o arranco (*snatch*) e o arremesso (*clean and jerk*), realizados com grande aceleração, envolvendo portanto grande inércia e a capacidade de gerar força na menor unidade de tempo possível (potência). Apesar dessas classificações, há uma inegável conexão entre essas duas classes de exercícios, de forma que ambos são comumente utilizados no processo de preparação física, tanto de praticantes recreativos de exercícios contra uma resistência, quanto de atletas (11).

De fato, diversos estudos estão disponíveis, nos quais investigou-se os exercícios básicos de força e seu potencial de auxílio no desempenho em esportes em geral (12, 13), e, de forma mais restrita, no levantamento de peso Olímpico (14, 15). Apesar de existirem alguns (poucos) estudos em que a associação entre os exercícios básicos de força e levantamento de peso Olímpico foi investigada, percebe-se que a variedade de exercícios é relativamente pequena (geralmente o agachamento posterior [*back squat*], o levantamento terra [*deadlift*] e o desenvolvimento de ombros [*overhead press*] são utilizados). Um outro aspecto a ser levantado, é a heterogeneidade amostral, uma vez que os participantes destes estudos geralmente possuem diferentes experiências de treinamento, bem como diferentes estados de prontidão fisiológica (16-18).

Dentre os movimentos básicos de força mais investigados, a fim de observar uma possível associação com o levantamento de peso Olímpico, o *back squat* se destaca, talvez pela sua fácil aplicação, por ser um exercício comumente utilizado para desenvolver a força máxima de membros inferiores, e evidentemente pela sua popularidade (19, 20). Mais recentemente Soriano et al. (21) descreveram a alta associação entre a força máxima dos movimentos de segunda fase do arremesso (*jerk*) em duas variações (com afastamento anteroposterior [*split jerk*] e com afastamento lateral da pernas [*push*

jerk]), e o movimento básico de força (*push press*). Tal estudo foi conduzido com levantadores de peso Olímpico, praticantes de CrossFit e um terceiro grupo de atletas de vários esportes (idade: 28.8 ± 6.4 anos; altura: 180.0 ± 6.0 cm; massa corporal: 84.1 ± 10.2 kg; experiência com o levantamento de peso: 3.6 ± 3.1 anos). Os principais resultados mostrados no estudo foram: o alto coeficiente de correlação intraclases de cada movimento (método de teste-reteste: *push press*, 0.98; *push jerk*, 0.99; *split jerk*, 0.99). Houve uma relação positiva entre a média de efeito dos exercícios, mas não da interação dos grupos na performance de 1RM ($\eta^2= 0.66$; $\eta^2= 0.06$, $p<0.001$). Na conclusão, atentou-se para uma alta variação de carga levantada entre as modalidades dos componentes da amostra.

No Brasil, é possível dizer que o levantamento de peso Olímpico ganhou popularidade após a chegada da marca CrossFit no país, em 2010 (22). Em termos gerais, esta franquia é caracterizada pela utilização do método intervalado intensivo, fundamentalmente realizados por meio de elementos ginásticos, movimentos cíclicos de característica aeróbia (corrida, o ciclismo e o remo olímpico), levantamento de peso olímpico e os exercícios básicos de força (23-25). Nesse contexto, não é incomum encontrar competidores de levantamento de peso olímpico que realizem parte de seu programa de treinamento em um *box* de CrossFit. Este fato levou diversos professores de CrossFit a se especializarem no levantamento de peso Olímpico para dominar a técnica adequada deste esporte de elevada complexidade biomecânica/neuromuscular (26). Além disso, reportou-se em estudos recentes, que o levantamento de peso Olímpico parece ser o meio de treinamento mais complexo e intenso (ex: fadiga e estresse muscular) dentre os outros meios de treinamento utilizados no CrossFit. Isto faz com que atletas de CrossFit incluam diariamente o levantamento de peso Olímpico em suas rotinas de treino (24, 27).

Devido a alta intensidade utilizada nos programas de treinamento de CrossFit, o interesse a respeito dos efeitos destas intervenções no desempenho e no controle de carga de treinamento (ex: fadiga e estresse) aumentou consideravelmente nos últimos anos (28, 29).

2.1.2 Controle de carga de treino e recuperação

O monitoramento das variáveis fisiológicas e psicológicas de um atleta relacionadas a performance esportiva podem auxiliar o treinador de força e condicionamento físico a mensurar a efetividade do programa de treinamento, e decidir como revisar e ajustar suas proposições de intervenção. Mais recentemente, com o aumento da utilização da tecnologia visando avaliar atletas em tempo real, inúmeros dispositivos, comumente chamados de *wearable devices* tem sido investigados (30). Em um estudo recente, publicado pelo nosso grupo de estudos (31), foi constatada a alta carga de treinamento interna de atletas de CrossFit de elite competindo na semifinal de um torneio internacional (*Brazilian CrossFit Championship*). Neste estudo, descreveu-se que mesmo com uma duração de apenas sete (7) minutos de prova, a frequência cardíaca de praticantes de CrossFit se manteve superior a 90% FC_{máx} durante toda a competição, ilustrando o caráter intenso do meio de treinamento em questão. Interessantemente este estudo só foi possível ser conduzido devido a facilidade de se utilizar de um dispositivo de análise de carga de treinamento interna em tempo real por meio de sensores via *bluetooth* (FirstBeat Sport®, Finland).

Dentre os estudos conduzidos a fim de investigar a carga de treinamento de praticantes de CrossFit, variáveis como aquelas relacionadas ao sistema autonômico foram bem descritas, principalmente com relação a frequência cardíaca (32, 33).

Desde os anos 1970's pesquisadores tem descrito a importância de avaliar a atividade simpática e parassimpática através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), primeiramente em pacientes com patologias específicas para prevenção de mortalidade, e depois em atletas, com fins de monitorar a fadiga e o estresse (34). Entre outras variáveis, a VFC é capaz de entregar informações sobre o comportamento dos batimentos cardíacos por meio das ondas R, sendo esta curva reflexo do comportamento simpático e parassimpático humano, além de ser amplamente utilizada para análise de estado de treinamento antes, durante e após sessões de exercícios (34). A VFC basicamente carrega informações acerca das flutuações entre os intervalos das curvas "R" da frequência cardíaca, podendo

ser conceituada como “a despolarização ventricular”, sendo descrita como iR-R (índice RR), (figura 1) (35).

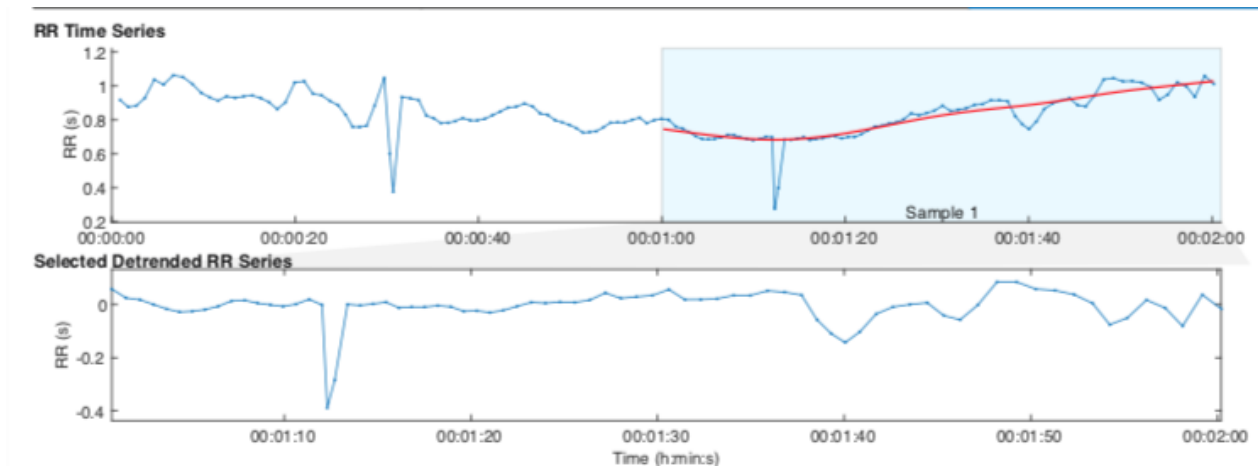


Figura 1. Comportamento da variabilidade da frequência cardíaca de um atleta de CrossFit. Nota: dados extraídos de um estudo conduzido pelo autor.

Quanto maior o valor da distância entre as curvas RR, dispostas em milissegundos (ms), maior o estado de prontidão para o treinamento, e quanto menor a distância entre as curvas RR, maior o estresse (indicando sistema simpático sobre ativado). A VFC ainda pode ser verificada por indicadores variados que predizem sobre apenas o sistema nervoso simpático, parassimpático ou ambos.

- R-R: média de intervalos entre todos os R-R;
- SDNN: média do desvio padrão de todos os intervalos normais R-R, em todos os segmentos, no tempo coletado;
- NN50: número de intervalos adjacentes R-R que variam mais do que 50ms;
- rMSSD: Raiz quadrada da diferença média entre todos os intervalos R-R e os intervalos R-R adjacentes;

- VLF (*Very low frequency*): capta frequências abaixo de 0,04Hz. Representa flutuações da atividade simpática e vagal;
- LF (*Low frequency*): capta frequências entre 0,04Hz e 0,15Hz. Existe muito criticismo sobre a sua significância;
- HF (*High frequency*): capta frequências entre 0,2Hz e 0,5Hz).

No passado, Seiler e colaboradores (36) descreveram que corredores bem treinados necessitam em média de 10 a 30 minutos para recuperar o sistema nervoso simpático dependendo da intensidade de treinamento. No referido estudo, os corredores realizaram um treinamento de corrida em quatro intensidades distintas, variando de baixa intensidade (abaixo do limiar ventilatório 1) até alta intensidade (acima do limiar ventilatório 2), demonstrando que quanto mais alta a intensidade, maior o tempo para a VFC retornar aos valores basais, sendo então este método considerado sensível a qualquer estímulo mínimo. Ainda, observou-se que os corredores mais bem treinados apresentaram uma maior velocidade de recuperação do sistema autônomo simpático quando comparados aos corredores menos treinados.

Mais recentemente, descreveu-se os efeitos de um microciclo habitual de CrossFit em indicadores de carga interna, tais como VFC (descritas pela variável rMSSD) e a potência de membros inferiores para análise de fadiga e estresse (37). A amostra foi composta por praticantes recreacionais de CrossFit e contou com cinco sessões de treinamento. Na conclusão, o microciclo de CrossFit tradicional para praticantes recreacionais promoveu efeito negativo nos parâmetros de estresse e fadiga (através da VFC e do salto vertical).

O teste de salto vertical é considerado um preditor importante de fadiga neuromuscular e metabólica (38). Dentre os testes de salto vertical mais comuns, existe o salto vertical contra movimento (CMJ), agachamento com salto (SJ), e o salto em profundidade (DJ). O CMJ é caracterizado pelos participantes partindo de uma posição ortostática, executando um semi-agachamento (em torno de

90° de flexão do quadril), existindo uma fase de rápida transição entre a posição inicial, flexão do quadril e novamente extensão do quadril e dos joelhos para a fase aérea e então a aterrissagem. O SJ é feito de forma semelhante ao CMJ, porém partindo de uma posição semi-agachada, excluindo o contra movimento (não permitindo o ciclo de alongamento-encurtamento). O DJ se inicia com o participante sobre uma caixa que pode variar de altura, ele deve tocar o chão então com os dois pés simultâneos assim que sair da caixa e saltar o mais rápido e mais alto possível após o toque com o solo.

Em pesquisas normalmente são utilizados testes de salto vertical com o CMJ para análise de estresse e fadiga (39). Em vários estudos foi descrita a utilização do CMJ para caracterizar fadiga e estresse funcional dos membros inferiores de forma dinâmica seguindo: i) intervenção com treinamento agudo (27); ii) como estudo longitudinal de monitoramento (40). De forma geral, estudos em que o CMJ foi utilizado como ferramenta para verificar a fadiga e o estresse, são utilizados como indicadores a altura do salto vertical em centímetros, potência em watts, watts/kg, velocidade pico, potência média e a taxa do desenvolvimento de força (41). Wu et al. (38) reportaram a falta de investigações a respeito da fadiga, utilizando do CMJ e do tempo de recuperação após a fadiga consolidada. Investigações neste sentido são importantes para se entender melhor o processo de manuseio da fadiga e estresse.

Mais recentemente, Tibana et al. (42) reportaram pela primeira vez o comportamento de marcadores de carga interna, incluindo CMJ em uma competição de CrossFit. Nove praticantes amadores (idade 27.1 ± 4.1 anos; experiência de treinamento 2.2 ± 1.3 anos) participaram do estudo. Os participantes foram conduzidos a uma competição de três dias e a fadiga foi acompanhada pelo CMJ. Foi observado que mesmo 24 horas após o término da competição, a fadiga ainda estava acentuada ($p < 0.05$), sendo necessárias 48 horas após a competição para os valores de fadiga normalizarem.

Apesar das evidências aqui demonstradas, poucos trabalhos foram conduzidos com atletas de elite de CrossFit, nos quais as respostas relacionadas a fadiga e estresse antes, durante e após a competição foram verificadas.

2.2 OBJETIVOS

Os objetivos gerais deste trabalho foram:

1. Verificar a possível associação entre movimentos selecionados de fundamentação de força e o levantamento de peso Olímpico em atletas de levantamento de peso Olímpico (Estudo 1);
2. Observar as respostas cardiovasculares e neuromusculares em atletas de CrossFit em fase de polimento realizando simulação de competição (Estudo 2).

2.4 REFERÊNCIAS

1. Gomes AC. *Treinamento Desportivo: Estruturação e Periodização*. 2 ed: artmed; 2009. 268 p.
2. Kautzner N, Junior M. Breve história sobre a evolução da periodização esportiva. *Ciencias Aplicadas al Deporte*. 2020;12(25):33-50.
3. Zecchin-Oliveira AM. *Guia do treinador de força e condicionamento físico*. Londrina: CRV; 2021.
4. Williams L, Daniell-Smith J, Gunson L. Specificity of training for motor skill under physical fatigue. *Med Sci Sports*. 1976;8(3).
5. Jiménez-Reyes P, Castaño-Zambudio A, Cuadrado-Peñañel V, González-Hernández JM, Capelo-Ramírez F, Martínez-Aranda LM, et al. Differences between adjusted vs. non-adjusted loads in velocity-based training: consequences for strength training control and programming. *PeerJ*. 2021;9:1-21.
6. Sole S, Ramírez-Campillo R, Andrade DC, Sanchez-Sanchez J. Plyometric jump training effects on the physical fitness of individual-sport athletes: A systematic review with meta-analysis. *PeerJ*. 2021;9:1-25.
7. Denadai BS, de Aguiar RA, de Lima LCR, Greco CC, Caputo F. Explosive Training and Heavy Weight Training are Effective for Improving Running Economy in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2017;47(3):545-54.
8. Stone MH, Pierce KC, Sands WA, Stone ME. Weightlifting: A Brief Overview. *Strength and Conditioning Journal*. 2006;28(1):50-66.
9. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*. 2018;48(4):765-85.
10. Suchomel TJ, Comfort P, Lake JP. Enhancing the force-velocity profile of athletes using weightlifting derivatives. *Strength Cond J*. 2017;39(1):10-20.
11. Chiu LZF. Powerlifting versus weightlifting for athletic performance. *National Strength and Conditioning Association*. 2007;29(5):55-7.
12. Aagaard P, Andersen JL. Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20 Suppl 2:39-47.
13. Deweese BH, Hornsby G, Stone MH. The training process: Planning for strength power training in track and field. Part 1: Theoretical aspects. *Journal of Sport and Health Science*. 2015;1(1):1-10.
14. Sandau I, Chaabene H, Granacher U. Validity and reliability of a snatch pull test to model the force-velocity relationship in male elite weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021;35(5):31-43.
15. Soriano MA, Jiménez-Ormeño E, Amaro-Gahete FJ, Haff GG, Comfort P. How Does Lower-Body and Upper-Body Strength Relate to Maximum Split Jerk Performance ? *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2022;4(19):1-6.
16. Soriano MA, Haff GG, Comfort P, Amaro-Gahete FJ, Torres-González A, Garcia-Cifo A. Is there a relationship between the overhead press and split jerk maximum performance? Influence of sex. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2021;17(1):143-50.
17. Stone MH, Sands WA, Pierce KC, Carlock J, Cardinale M, Newton RU. Relationship of maximum strength to weightlifting performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005;37(6):1037-43.
18. Comfort P, McMahon JJ. Reliability of maximal back squat and power clean performances in inexperienced athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015;29(11):3089-96.

19. Stone MH, O'Bryant HS, McCoy L. Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res.* 2003;17:140-7.
20. Stone MH, Moir G, Glaister M, Sanders R. How much strength is necessary? *Physical Therapy in Sport.* 2002;3(2):88-96.
21. Soriano MA, García-Ramos A, Torres-González A, Castillo-Palencia J, Marín PJ, De Baranda PS, et al. Comparison of 1-repetition-maximum performance across 3 weightlifting overhead pressing exercises and sport groups. *International Journal of Sports Physiology and Performance.* 2020;15(6):862-7.
22. Fortunato J, Rojo JR, Quitzau EA, Santos ACB, Moraes e Silva M. “Nada se cria...”: o crossfit enquanto prática corporal ressignificada. *Motrivivência.* 2019;31(58):1-17.
23. Glassman G. Understanding Crossfit. *Crossfit Journal.* 2007;1(56):1-2.
24. Mate-Munoz JL, Lougedo JH, Barba M, Garcia-Fernandez P, Garnacho-Castano MV, Dominguez R. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLoS One.* 2017;12(7):e0181855-e.
25. Glassman G. What is fitness. *Crossfit Journal.* 2002;3(1):1-11.
26. Storey A, Smith HK. Unique aspects of competitive weightlifting: Performance, training and physiology. *Sports Medicine.* 2012;42(9):769-90.
27. Mate-Munoz JL, Lougedo JH, Barba M, Canuelo-Marquez AM, Guodemar-Perez J, Garcia-Fernandez P, et al. Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit Workouts. *J Sports Sci Med.* 2018;17(4):668-79.
28. Meier N, Sietmann D, Schmidt A. Comparison of Cardiovascular Parameters and Internal Training Load of Different 1h Training Sessions in Non-elite -CrossFit® Athletes. *Journal of Science in Sport and Exercise.* 2022(0123456789).
29. Feito Y, Dias MR, Novaes JS, Behm D. Characterization of Hormonal, Metabolic, and Inflammatory Responses in CrossFit® Training: A Systematic Review. Article in *Frontiers in Physiology.* 2020;11(1):1-16.
30. Pino-Ortega J, Rico-González M. *The Use of Applied Technology in Team Sport.* NY, USA: Routledge; 2021.
31. Zecchin-Oliveira AM, Dechechi C, Menezes-Reis R, Ribeiro V, Fujita AR, Puggina EF. Physiological responses over CrossFit athletes in the Brazil CrossFit championship. *Integrative Clinical Medicine.* 2020;4(1):1-4.
32. Tibana RA, Manuel N, Sousa FD, Prestes J, Kennedy MD. Is Perceived Exertion a Useful Indicator of the Metabolic and Cardiovascular Responses to a Metabolic Conditioning Session of. *J Sports.* 2019;7(161):1-12.
33. Tibana RA, de Sousa NMF, Prestes J, Voltarelli FA. Lactate, heart rate and rating of perceived exertion responses to shorter and longer duration crossfit® training sessions. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology.* 2018;3(4).
34. and_Electrophysiology ESoCaNASoP. Heart rate variability: task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. *European Heart Journal.* 1996;17:354-81.
35. Maud P, Foster C. *Physiological assessment of human fitness: HUMAN KINETICS;* 2006.
36. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: Intensity and duration effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2007;39(8):1366-73.
37. Pereira PH, Costa e Silva AA, Pires DA, Coswig VS. Efeitos de um microciclo de Crossfit® em variáveis da carga interna de treinamento. *Pensar a Prática.* 2019;22(1):1-14.
38. Wu PPY, Sterkenburg N, Everett K, Chapman DW, White N, Mengersen K. Predicting fatigue using countermovement jump force-time signatures: PCA can distinguish neuromuscular versus metabolic fatigue. *PLoS ONE.* 2019;14(7):1-16.

39. Taylor K, Chapman D, Cronin J, Newton M, Gill N. Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. *J Aust Strength Cond.* 2012;20(1):12-23.
40. Cormack SJ, Newton RU, McGuigan MR, Cormie P. Neuromuscular and endocrine responses of elite players during an Australian rules football season. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008;3(4):439-53.
41. Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2017;20(4):397-402.
42. Tibana RA, Prestes J, Sousa N. Time-Course of Changes in Physiological , Psychological and Performance markers Following a Functional-Fitness Competition. *International Journal of Exercise Science.* 2019;12(3):904-18.

CAPITULO 3. ESTUDO 1

Arthur Zecchin, Enrico Fuini Puggina, Tibor Hortobagyi, Urs Granacher. Association between foundation strength and weightlifting exercises in highly trained weightlifters: Support for a general strength component. Journal of Strength and Conditioning Research. 2023 In press. DOI: 10.1519/JSC.0000000000004433

Link: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/9900/Association_Between_Foundation_Strength_and.159.aspx

CAPITULO 4. ESTUDO 2

Arthur Zecchin, Enrico Fuini Puggina, Urs Granacher, Tibor Hortobagyi. Two days of simulated CrossFit competition affect autonomic nervous system but not anaerobic power or fatigue. *J Sports Med Phys Fitness*. 2022 Dec;62(12):1592-1599. DOI: 0.23736/S0022-4707.21.13309-2

Link:

<https://www.minervamedica.it/en/journals/sports-med-physical-fitness/article.php?cod=R40Y2022N12A1592&acquista=1>

CAPITULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Limitações e pontos positivos da tese

Os dois estudos envolveram atletas bem treinados a nível nacional e internacional. Devido a esse fato, as maiores limitações ocorreram pelo fato da dificuldade de recrutamento.

No estudo envolvendo atletas de levantamento de peso Olímpico, não foi possível utilizar teste e reteste da força. Por outro lado, utilizamos modelos de coeficiente de correlação intraclassas de estudos semelhantes, tanto no tamanho amostral, quando na aplicação prática (protocolo experimental). O teste de repetição máxima foi feito apenas uma vez pelo fato de os atletas estarem treinando para uma competição nacional, seguindo a planilha do treinador de forma individualizada. Os resultados obtidos por meio da aplicação do modelo de regressão múltipla *Stepwise* pode ter sido enviesada pelo tamanho do n amostral, já que na teoria os modelos de regressão são aconselhados utilizarem amostra grande para uma melhor interpretação. De qualquer forma o Estudo 1 envolveu apenas participantes com alto nível de performance, o que dificulta um recrutamento amplo.

No segundo estudo (Estudo 2), houve um número alto de desistências durante os dois dias simulação de competição. Acreditamos que isso ocorreu devido ao nível de estresse pré-competição (os atletas estavam em fase de polimento). Os atletas utilizaram o *step taper*, não havendo diminuição significativa no volume e intensidade, o que poderia causar uma maior fadiga e estresse.

Ademais, ambos os estudos foram realizados com um tamanho amostral suficiente de acordo com a estatística (ambos os estudos tiveram um poder amostral superior a 80%), e um tamanho de efeito alto (0.7). Ainda, conseguimos reunir atletas de elite a nível nacional/internacional em ambos os trabalhos, o que fortaleceu os resultados, e facilitou a publicação (o primeiro estudo foi publicado na revista *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* [FI:1.669]; e o segundo na revista *The Journal of Strength and Conditioning Research* [FI: 4.415]). Os anexos 1 e 2 mostram o artigo no formato publicado (Estudo 1 e 2).

Ainda, vale destacar que estes estudos são pioneiros na análise de simulação de competição nas variáveis fisiológicas estudadas em atletas de elite, e na análise de desempenho de força máxima entre movimentos básicos de força e movimentos de levantamento de peso Olímpico, fortalecendo a ideia do componente generalizado de força em atletas de levantamento de peso Olímpico da elite nacional.

5.2 Considerações finais

A determinação de métodos para avaliar a carga de treinamento e de competição é de grande importância e de interesse para a área de ciências do esporte. Apesar disto, barreiras metodológicas são frequentemente citadas e limitam o olhar amplo para esse fenômeno de desempenho e fisiológico. Para contribuir com o conhecimento acerca destes processos, o primeiro estudo da presente tese (Estudo 1) contou com atletas de levantamento de peso Olímpico, no qual o objetivo foi observar a possível associação entre os exercícios fundamentais de força, e os exercícios de levantamento de peso Olímpico. Este tema é muito discutido e ainda carece de estudos, principalmente estudos utilizando de modelos de regressão para observar com maior precisão a associação entre os movimentos citados. Este estudo contou com uma análise estatística robusta (*stepwise*), inédita para esta temática (exercícios básicos de força e exercícios de levantamento de peso Olímpico). Observou-se uma associação moderada entre *front squat*, *overhead press* com o arranco e o arremesso, porém uma associação baixa e não significativa entre o *deadlift* e o arranco e arremesso. Adicionalmente, percebeu-se que quando utilizada a força relativa (massa corporal/kg), a associação diminuía.

apesar destes resultados serem de grande importância para a comunidade que investiga e trabalha com o treinamento de força, são necessários mais estudos longitudinais para entendermos a fundo este processo de associação. Este estudo foi para nosso grupo de estudos, o início de um novo caminho a ser trilhado.

O segundo estudo da presente tese (Estudo 2) teve como objetivo acompanhar e monitorar uma competição simulada de CrossFit com duração de dois dias, para entender a influência do treinamento prévio nas diversas variáveis fisiológicas e de desempenho. Nos resultados observamos que os atletas em uma simulação de competição tiveram um aumento significativo do sistema nervoso simpático, que foi atenuado no segundo dia de competição, porém, estas alterações do sistema nervoso autônomo não foram suficientes para diminuir a potência e elevar a fadiga neuromuscular. Estes resultados foram inéditos e mostraram que mais estudos neste sentido são necessários para um melhor entendimento a respeito da relação entre a potência e o sistema nervoso autônomo. A escolha da população estudada (atletas de elite) permitiu com que os resultados fossem mais informativos para treinadores de atletas de CrossFit do mundo todo.

5.3 Conclusões da tese

Frente aos resultados obtidos nos diferentes experimentos, conclui-se que as análises de desempenho e fisiológicas são capazes de dar informações de importância para controle e alterações do planejamento do treinamento físico, além do estado de treinamento do atleta. Atletas de levantamento de peso Olímpico de CrossFit utilizam do mesmo meio de treinamento, mas não da mesma dinâmica/técnica. Enquanto atletas de levantamento de peso utilizam por muitas vezes de poucas repetições e altas cargas (tensional), atletas de CrossFit utilizam de cargas moderadas e altas repetições (metabólico), e estes fatores devem ser estudados no futuro para entender a relação próxima da utilização do treinamento de levantamento de peso para levantadores de peso Olímpico e para atletas de CrossFit. Portanto, atletas de levantamento de peso Olímpico devem continuar a treinar utilizando de exercícios fundamentais de força a fim de aumentar/fazer manutenção da performance. Ainda, atletas e treinadores devem buscar diferentes formas de monitoramento da fadiga e estresse em competição para um melhor entendimento sobre como proceder nos/as próximos/as treinos/competições (ex: utilização da

variabilidade da frequência cardíaca e da potência anaeróbia). Por fim, o polimento do tipo *step taper* se mostra eficiente para competições simuladas.

CAPITULO 6. ANEXOS

ANEXO 1

Original Research

Journal of Strength and Conditioning Research

Association Between Foundation Strength and Weightlifting Exercises in Highly Trained Weightlifters: Support for a General Strength Component

Arthur Zecchin,¹ Enrico F. Puggina,^{1,2} Tibor Hortobágyi,^{3,4,5,6} and Urs Granacher⁷

¹Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, São Paulo, Brazil; ²School of Physical Education and Sport of Ribeirão Preto, University of São Paulo, São Paulo, Brazil; ³Hungarian University of Sports Science, Department of Kinesiology, Budapest, Hungary; ⁴Institute of Sport Sciences and Physical Education, University of Pécs, Hungary; ⁵Somogy County Kaposi Mór Teaching Hospital, Kaposvár, Hungary; ⁶Center for Human Movement Sciences, University of Groningen Medical Center, Groningen, The Netherlands; and ⁷Department of Sport and Sport Science, Exercise and Human Movement Science, University of Freiburg, Freiburg, Germany.

ANEXO 2

13309-JSM_N_suppl

© 2022 EDIZIONI MINERVA MEDICA
Online version at <https://www.minervamedica.it>

The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 2022 mese;62(0):000-000
DOI: 10.23736/S0022-4707.21.13309-2

ORIGINAL ARTICLE

Two days of simulated CrossFit competition affect autonomic nervous system but not anaerobic power or fatigue

Arthur ZECCHIN¹*, Enrico F. PUGGINA^{1,2}, Urs GRANACHER³, Tibor HORTOBÁGYI^{3,4,5,6}

¹Ribeirao Preto Medical School, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil; ²School of Physical Education and Sport of Ribeirao Preto, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil; ³Division of Training and Movement Sciences, Research Focus Cognition Sciences, University of Potsdam, Potsdam, Germany; ⁴Center for Human Movement Sciences, University Medical Center Groningen, University of Groningen, Groningen, the Netherlands; ⁵Somogy Country Kaposi Mór Teaching Hospital, Kaposvár, Hungary; ⁶Department of Sport Biology, Institute of Sport Sciences and Physical Education, University of Pécs, Pécs, Hungary

*Corresponding author: Arthur M. Zecchin-Oliveira: Kinanthropometry and Human Performance Laboratory, Faculty of Medicine, Avenida dos Bandeirantes, 3900, Ribeirao Preto, Brazil. E-mail: arthurzecchin@usp.br