

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança

Rafaela Wolf

EFEITO DE UM PROTOCOLO DE PAPE NO *DUTY FACTOR EFFECTIVE* E *DUTY FACTOR* DE CORREDORES RECREACIONAIS

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl
Coorientador: Prof. Ddo. Guilherme Droescher de Vargas

Porto Alegre
2024

Rafaela Wolf

EFEITO DE UM PROTOCOLO DE PAPE NO *DUTY FACTOR EFFECTIVE* E *DUTY FACTOR* DE CORREDORES RECREACIONAIS

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Curso de Graduação em Educação Física - Bacharelado da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Coorientador: Prof. Ddo. Guilherme Droscher de Vargas

Porto Alegre

2024

EFEITO DE UM PROTOCOLO DE PAPE NO *DUTY FACTOR EFFECTIVE* E *DUTY FACTOR* DE CORREDORES RECREACIONAIS

Conceito final:

Aprovado em.....de.....de.....

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha família, meus pais Margit Kern Wolf e Pedro Ernani Wolf por terem sempre investido em mim e na minha formação acadêmica, por terem me apoiado em todos os aspectos da minha vida, também pelo amor, carinho e compreensão, quero colher os frutos dessa graduação e devolver tudo o que me deram. Um agradecimento especial para a minha mãe, um amor incondicional que mesmo de longe sempre senti, sinto e sentirei, muito obrigada mãe!! Dedico esse trabalho também a outra mulher da minha vida, minha irmã Renata Wolf, com ela constantemente pude encontrar conforto, às vezes um mimo e me sentir em casa todos os dias. Além disso, quero agradecer aos meus amigos de infância Igor Paim e Gabriela Neumann, eternamente me encontro em vocês, obrigado por tudo!!

Além disso, quero agradecer aos amigos que fiz no curso de Educação Física ao longo desses quatro anos, muito obrigado pelas memórias, risadas e por tornarem momentos difíceis muito mais leves. Aos professores pela paciência e pelo conhecimento que foi transmitido, em particular ao Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga que aceitou avaliar este trabalho.

Agradeço ao meu professor orientador Prof. Dr. Krueel por todos os aprendizados que têm me passado, obrigado por me ensinar a fazer ciência de alta qualidade e mostrar o quão importante ela é. Ao meu coorientador e irmão Guilherme Droscher de Vargas, obrigado pela paciência, por teus ensinamentos, por demonstrar o verdadeiro significado do que é ser professor e por sempre acreditar em mim, em ti sempre encontrei segurança e confiança para seguir nessa caminhada, muito obrigado por tudo!! Por último, agradeço aos colegas e amigos do GPAT, Artur, Lucas, Pedro, Bruna, Cláudia, ao pessoal da graduação e a todos que fazem parte dessa família, muito obrigado!!

RESUMO

Introdução: O *duty factor* é uma métrica que relaciona o tempo de contato do pé com o solo ao tempo total de passada, enquanto o *duty factor effective* leva em consideração a eficácia do contato no solo idealizando o corpo como um sistema massa-mola capaz de absorver e restituir energia elástica durante a corrida. Este estudo verificou e comparou o efeito de um protocolo de potencialização de desempenho pós-ativação (PAPE) e uma situação controle nas variáveis *duty factor effective* (DFE) e *duty factor* (DF) durante corridas submáximas em corredores recreacionais. **Materiais e métodos:** Os participantes realizaram um teste submáximo de corrida em duas condições, uma com a aplicação do protocolo de PAPE, envolvendo saltos contramovimento, e outra sem a intervenção (controle). O estudo foi realizado com 10 corredores recreacionais, previamente familiarizados com os protocolos de avaliação e treinamento. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para analisar a normalidade. O teste t para amostras emparelhadas foi utilizado para analisar a comparação das situações. O software SPSS foi usado, com significância definida em $\alpha < 0,05$. **Resultados:** Houve diferença significativa na comparação entre as situação controle e a situação com o protocolo de PAPE para a variável DFE ($p = 0,008$), sugerindo eficácia da intervenção. Para a variável DF, não foram encontradas diferenças significativas ($p = 0,154$). **Conclusão:** Esses achados sugerem que o PAPE pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o mecanismo elástico e desempenho em corridas submáximas, sendo relevante para a otimização dos programas de treinamento de corredores recreacionais.

Palavras-chave: locomoção, corrida submáxima, desempenho físico, mecanismo elástico, fisiomecânica, biomecânica.

ABSTRACT

Introduction: Duty factor is a metric that relates foot contact time with the ground to the total stride time, while duty factor effective considers the effectiveness of ground contact in terms of propulsion and impact absorption. This study evaluated and compared the effect of a Post-activation performance enhancement (PAPE) protocol and a control situation on the variables of duty factor effective (DFE) and duty factor (DF) during submaximal running in recreational runners. **Materials and Methods:** Participants performed a submaximal running test under two conditions: one with the application of the PAPE protocol, involving countermovement jumps, and another without the intervention (control). The study involved 10 recreational runners, previously familiarized with the evaluation and training protocols. The Shapiro-Wilk test was used to assess normality, and the paired t-test was used for comparing the situations. SPSS software was used, with significance set at $\alpha < 0.05$. **Results:** There was a significant difference in the comparison between the control and PAPE situations for the DFE variable ($p = 0.008$), suggesting the effectiveness of the intervention. For the DF variable, no significant differences were found ($p = 0.154$). **Conclusion:** These findings suggest that PAPE may be an effective strategy for improving the elastic mechanism and performance in submaximal running, which is relevant for optimizing training programs for recreational runners.

Keywords: locomotion, submaximal running, physical performance, elastic mechanism, physiomechanics, biomechanics.

LISTA DE ABREVIATURAS

CAE: Ciclo Alongamento-Encurtamento

CMJ: Countermovement Jump (Salto contramovimento)

SJ: Squat Jump

DFE: *Duty Factor Effective*

DF: *Duty Factor*

FC: Frequência Cardíaca

Fv: Força Vertical

FRS: Força de Reação do Solo

kg: Quilogramas

km: Quilômetros

h: hora

Hz: Hertz

min: minutos

Phigh: Desempenho alto

Plow: Desempenho baixo

PAPE: Post Activation Performance Enhancement (Melhora de Desempenho Pós Ativação)

PAPE_Saltos: Protocolo de Saltos em Sequência

PPA: Potencial Pós Ativação

s: segundos

Ta: Tempo aéreo

Tae: Tempo aéreo efetivo

Tc: Tempo de contato

Tce: Tempo de contato efetivo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 ASSIMETRIA MECÂNICA DA CORRIDA.....	12
2.2 PAPE.....	14
2.3 <i>DUTY FACTOR</i> E <i>DUTY FACTOR EFFECTIVE</i>	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1 DESENHO EXPERIMENTAL.....	16
3.2 PARTICIPANTES.....	16
3.3 CÁLCULO AMOSTRAL.....	17
3.4 VARIÁVEIS.....	17
3.4.1 VARIÁVEIS DE CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	17
3.4.2 VARIÁVEIS DEPENDENTES.....	17
3.4.3 VARIÁVEIS INDEPENDENTES.....	18
3.4.4 VARIÁVEIS DE CONTROLE.....	18
3.5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	18
3.6 TRATAMENTO DE DADOS.....	19
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	20
4. RESULTADOS.....	20
5. DISCUSSÃO.....	21
7. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	23
APÊNDICE.....	25

1. INTRODUÇÃO

A eficiência mecânica está diretamente ligada ao desempenho na corrida (DA ROSA *et al.*, 2019). Nesse contexto, quando é desenvolvido um programa de treinamento para um indivíduo, as variáveis biomecânicas devem ser levadas em consideração. Portanto, esses aspectos necessitam estar presentes na periodização de treinamento de corredores recreacionais e fundamentalmente no de profissionais (PATOZ *et al.*, 2019; HANLEY *et al.*, 2022).

Entre as variáveis mecânicas que podem ser analisadas na corrida estão o *duty factor* (DF) e o *duty factor effective* (DFE). O *duty factor* é uma métrica da proporção do ciclo de passada, ele é calculado ao medir o tempo que um dos pés está em contato com o solo (tempo de contato) e dividi-lo pelo tempo total do ciclo de passada (tempo de contato + tempo aéreo) (SARTORATO, 2008). O *duty factor effective*, por sua vez, considera o tempo em que a força de reação vertical do solo ultrapassa o peso corporal durante o contato com o solo. Para o cálculo dos valores do DFE, o tempo de contato efetivo é dividido pela soma do tempo de contato efetivo e do tempo aéreo efetivo.

Nesse sentido, protocolos de potenciação de desempenho pós-ativação (PAPE) podem ser incluídos em programas de treinamento. O PAPE visa melhorar o desempenho físico através de exercícios feitos antes da atividade principal. Na corrida, a utilização do PAPE envolvendo saltos pode influenciar variáveis biomecânicas (FISHER *et al.*, 2015), otimizando a eficiência mecânica e melhorando o desempenho.

Na literatura, Patoz *et al.* (2019), indicam o *duty factor* como uma ferramenta útil na corrida. Gómez-Molina *et al.* (2017) apontam melhora no tempo aéreo de corredores após 8 semanas de treinamento pliométrico combinado com corrida. Da Rosa *et al.* (2019), ao avaliarem corredores de alta performance e compará-los com corredores de baixa performance encontraram um tempo aéreo maior e um tempo de contato efetivo menor para os de alta performance.

Apesar desses aspectos, existem poucos estudos que investigaram o efeito do PAPE em corredores, e os que foram encontrados se propuseram a avaliar o efeito da corrida como atividade condicionante no desempenho de

saltos (BOULLOSA, TUIMIL, 2009; GARCÍA-PINILLOS *et al.*, 2018; GARCIA-PINILLOS; MOLINA-MOLINA; LATORRE-ROMAN, 2016; GARCÍA-PINILLOS; SOTO-HERMOSO; LATORRE-ROMÁN, 2015; ROUSANOGLUO *et al.*, 2016).

A partir disso, este estudo busca verificar e comparar o efeito de um protocolo de PAPE e uma situação controle nas variáveis *duty factor effective* e *duty factor* durante corridas submáximas em corredores recreacionais. Para isso, elaborou-se o seguinte problema de pesquisa: Quais os efeitos agudos e diferença entre um protocolo PAPE e uma situação controle no *duty factor* e *duty factor effective* durante corridas submáximas em corredores treinados?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Verificar e comparar o efeito de um protocolo de PAPE e uma situação controle nas variáveis *duty factor effective* e *duty factor* durante corridas submáximas em corredores recreacionais.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar e comparar o efeito agudo do PAPE na variável *duty factor effective*, durante a corrida, na velocidade de 12 km/h.
- Verificar e comparar o efeito agudo do PAPE na variável *duty factor*, durante a corrida, na velocidade de 12 km/h.
- Verificar e comparar o efeito agudo da situação controle na variável *duty factor effective*, durante a corrida, na velocidade de 12 km/h.
- Verificar e comparar o efeito agudo da situação controle na variável *duty factor*, durante a corrida, na velocidade de 12 km/h.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASSIMETRIA MECÂNICA DA CORRIDA

A corrida é um ciclo repetitivo de movimentos. Ela pode ser caracterizada como uma sucessão de saltos onde o indivíduo se impulsiona para frente (SCHMOLINSKY, 1982). Duas grandes fases são observadas na corrida: fase de apoio e fase de voo. Na fase de apoio não há apoio duplo dos pés no solo, apenas um estará em contato

quando o corredor faz a aterrissagem. Na fase de voo, ambos os pés não estarão em contato com o solo (MUYBRIDGE, 2012).

Em corridas de alta velocidade, como os sprints, a fase de apoio tende a ser menor, e por isso o tempo de contato (t_c) com o solo diminui e o tempo aéreo (t_a) aumenta. Por outro lado, em corridas de baixa intensidade, a fase de despegue ou o tempo aéreo poderá ser mínimo ou até mesmo inexistente, ou seja, a oscilação vertical do centro de massa do corpo pode ocorrer enquanto está em completo contato com o solo (CAVAGNA, 1988).

Nesse contexto, pesquisadores propuseram um modelo massa-mola que visa maximizar a eficiência das unidades músculo-tendíneas (BLICKHAN, 1989; MCMAHON & CHENG, 1990; SEYFARTH *et al.*, 2002; LEGRAMANDI; SCHEPENS; CAVAGNA, 2013). Essa função elástica observada em corridas de longa distância é influenciada pela assimetria de aterrissagem-despegue e assimetria de rebote. A assimetria de aterrissagem-despegue é dividida em tempo de contato com o solo em trabalho positivo, quando a energia mecânica é liberada no impulso, e o trabalho negativo, quando a energia é absorvida durante a frenagem (CAVAGNA, 2009).

A assimetria de rebote abrange a divisão da oscilação vertical do centro de massa em dois momentos: o tempo de contato efetivo (t_{ce}), onde a força vertical do solo é maior que o peso corporal, e o tempo aéreo efetivo (t_{ae}), onde a força vertical do solo é menor que o peso corporal (CAVAGNA, 2009).

Pyéré-Tartaruga *et al.* (2008), investigaram as diferenças na mecânica de corrida de jovens e idosos, com ênfase na assimetria de aterrissagem e despegue, para isso utilizaram uma plataforma de força que aferiu tempo de contato, tempo de voo, força de reação do solo, comprimento de passada, assimetria na aterrissagem-decolagem, e, com os resultados concluiu-se que compreender como o envelhecimento afeta a mecânica de corrida auxilia na construção de programas de treinamentos mais personalizados e eficientes.

Girard *et al.* (2013), analisaram como o sistema massa-mola muda ao longo de uma corrida de 5km e como a fadiga afeta as variáveis biomecânicas e o desempenho. Para esse fim usaram plataformas de força portáteis, sistemas de captura de movimentos, acelerômetros e giroscópios. Com os resultados, concluíram que a prescrição de treinamentos pode ser pensada para minimizar os efeitos da fadiga e melhorar a performance de corrida.

Por isso, para que um indivíduo tenha seu desempenho otimizado na corrida é essencial que as abordagens integradas incluam a análise biomecânica, isto é, a cinemática e a cinética e suas vertentes são extremamente importantes para a performance de corredores recreativos e profissionais (PATOZ *et al.*, 2019, HANLEY *et al.*, 2022). Em vista disso, pesquisadores da área utilizam diversos materiais e tecnologias para que as análises favoreçam cada vez mais os praticantes, dentre elas, câmeras de alta velocidade, sensores de movimento, plataforma de força e analisadores de gases.

2.2 PAPE

Atualmente, alguns autores propuseram uma nova nomenclatura para protocolos de melhoria de desempenho pós ativação. Diante disso, eles vêm utilizando a seguinte fórmula: Melhoria [teste de verificação], pós- [atividade condicionante] em [população] (BOULLOSA, 2020). Essa nova proposta tem o objetivo de diferenciar o PAPE (potenciação de desempenho pós-ativação) de PPA (potenciação pós-ativação). Por consequência, o PAPE agora é designado para estudos onde os participantes são submetidos a uma atividade condicionante específica e seus efeitos são verificados em uma outra atividade (teste de verificação).

Na literatura, foram encontrados poucos estudos que investigaram os efeitos do PAPE com corredores (BOULLOSA; TUIMIL, 2009; GARCÍA-PINILLOS *et al.*, 2018; GARCIA-PINILLOS; MOLINA-MOLINA; LATORRE-ROMAN, 2016; GARCÍA-PINILLOS; SOTO-HERMOSO; LATORRE-ROMÁN, 2015; ROUSANOGLOU *et al.*, 2016; DEL ROSSO *et al.*, 2016).

Boullosa *et al.* (2009), ao compararem como um protocolo de alta intensidade e curta duração versus um protocolo de moderada intensidade e longa duração afetam o PAPE utilizando um pré-carga em corredores de longa distância, encontraram que ambos os protocolos induziram ao PAPE, porém o primeiro mostrou um impacto mais significativo na melhoria de desempenho subsequente.

Garcia-Pinillos *et al.* (2016), avaliaram os efeitos de um teste incremental de corrida sobre a cinemática do salto e verificaram se essas mudanças podem estar relacionadas ao PAPE em corredores recreacionais. Para isso, antes e após o teste incremental, os indivíduos fizeram uma série de saltos que incluíram o *countermovement jump* (CMJ) e o *squat jump* (SJ). Os principais resultados

demonstraram que, apesar da fadiga induzida pelo teste incremental, a ativação neuromuscular posterior pode melhorar temporariamente a efetividade do salto.

Assim, é possível observar que nenhum dos estudos buscou validar o efeito de protocolos de atividade condicionante, utilizando séries de treinamento pliométrico sobre variáveis biomecânicas, incluindo o *duty factor* e o *duty factor effective*. Esses aspectos poderiam ajudar a identificar quais exercícios podem ser adequados em atividades de aquecimento, antes de provas ou competições, melhorando a performance dos corredores.

2.3 DUTY FACTOR E DUTY FACTOR EFFECTIVE

O *duty factor* é uma medida da proporção do tempo de passada durante o qual o pé está em contato com o solo, isso inclui tanto o tempo de contato quanto o tempo aéreo. Um *duty factor* com valor mais alto indica uma fase de contato mais longa em relação a fase aérea (HANLEY *et al.*, 2022). Ao medir o tempo em que um dos pés está em contato com o solo e dividi-lo pelo tempo total do ciclo de passada (tempos de contato esquerdo e direito e tempos aéreos esquerdo e direito) é possível determinar o valor do *duty factor* (SARTORATO, 2008).

Diferentemente do *duty factor*, o *duty factor effective* considera a eficácia do tempo de contato do solo em termos de propulsão e absorção do impacto. Ele pode ser calculado pelo tempo de contato efetivo dividido pela soma do tempo de contato efetivo e do tempo aéreo efetivo, ou seja, é uma variável biomecânica que dá importância a distribuição de forças durante o contato com o solo, idealizando o corpo como um sistema massa-mola capaz de armazenar e restituir energia elástica durante a corrida.

Patoz *et al.* (2019) ao avaliarem corredores recreacionais, indicaram que o *duty factor* é uma ferramenta útil para classificar os corredores com base na sua forma de corrida. Corredores aéreos tendem a ter uma maior oscilação vertical e uma fase de voo mais longa. Corredores terrestres tendem a se deslocar mais horizontalmente. Os autores concluíram que o *duty factor* é uma métrica objetiva e viável para classificar formas de corrida e reflete valores semelhantes à escala Volodalen, que é um método que utiliza a observação visual, permitindo aos profissionais da área identificarem padrões de corrida, ela leva em consideração cinco aspectos: oscilação vertical da cabeça, movimento dos braços, posição da pelve no contato com o solo, posição do pé no contato com o solo e padrão da passada (PATOZ *et al.*, 2019).

Ainda, essa métrica ajuda a compreender como cada indivíduo distribui o tempo da passada entre contato com o solo e tempo aéreo. Gómez-Molina *et al.* (2018), realizaram um estudo com corredores novatos e descobriram que a intervenção de 8 semanas combinando treinamento pliométrico com corrida aumentou o tempo aéreo da passada durante corridas com velocidades entre 10 e 16 km/h.

Da Rosa *et al.* (2019), ao dividirem um grupo de corredores baseado na sua performance média no teste de 3000m, encontraram que o grupo de performance alta (*High*) possuía um tempo aéreo maior e um tempo de contato efetivo menor durante a corrida em comparação ao grupo de performance baixa (*Low*), por outro lado, não foram encontradas diferenças significativas no tempo de contato. Fischer *et al.* (2015) avaliaram um grupo de corredores pré e pós um protocolo de fadiga (60 segundos de saltos contramovimento pós corrida com incremento de velocidade) e encontraram que o tempo de contato não demonstrou mudanças, já o tempo aéreo demonstrou um pequeno decréscimo pós saltos.

Nesse sentido, é possível observar as diferentes respostas biomecânicas do corpo através de intervenções agudas ou prolongadas, indicando efeitos sutis ou não nas variáveis temporais da corrida, e se o *duty factor* for avaliado, esses valores afetarão sua resposta.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESENHO EXPERIMENTAL

Este estudo seguiu um design transversal, quantitativo, comparativo e cruzado. Os participantes realizaram uma mesma bateria de avaliações em uma condição experimental (PAPE_Saltos) e uma condição controle.

3.2 PARTICIPANTES

A amostra foi composta por corredores recreacionais de 18 a 45 anos do sexo masculino. Os sujeitos apresentavam experiência de treinos de corrida com assessorias de pelo menos um ano. Além disso, tinham um volume de treinamento semanal entre 25 e 40 km e desempenho em provas de 10 km de 44 a 52 minutos. Todos apresentaram atestado médico e carteira de vacinação ou exame de anticorpos neutralizantes para a realização do teste máximo e demais testes.

Os participantes foram recrutados de forma voluntária. O recrutamento foi realizado e divulgado por redes sociais e meios eletrônicos. Após a apresentação da metodologia do estudo, os voluntários foram convidados a lerem um termo de consentimento livre e esclarecido e o assinarem, quando em concordância com ele. Na sequência, os participantes preencheram uma anamnese com seus dados pessoais e questões referentes aos critérios de inclusão do estudo.

Como critérios de exclusão, os corredores que relataram presença de doenças crônicas relacionadas ao sistema cardiorrespiratório e qualquer outro comprometimento muscular ou articular foram excluídos da amostra que impedisse a realização de exercícios físicos com segurança. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul no parecer número 5.550.039.

3.3 CÁLCULO AMOSTRAL

Com base nos resultados da razão tempo de contato efetivo (tce) /tempo aéreo efetivo (tae) (DA ROSA *et al.*, 2019), foi identificada a necessidade de 14 sujeitos para compor a amostra do presente estudo, o tamanho de efeito f de Cohen foi de 0.37, poder estatístico de 80%. Os 14 participantes chegaram a ser selecionados, entretanto, dois sujeitos abandonaram sua participação do estudo, por motivos de indisponibilidade de horário para participação das coletas.

3.4 VARIÁVEIS

3.4.1 VARIÁVEIS DE CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

- Idade;
- Massa corporal (kg);
- Estatura (m);
- Frequência cardíaca máxima (FCmax);
- Volume semanal (km);
- Desempenho em 10km (min).

3.4.2 VARIÁVEIS DEPENDENTES

- *Duty Factor* (DF);
- *Duty Factor Effective* (DFE).

3.4.3 VARIÁVEIS INDEPENDENTES

- Realização do teste com o protocolo de saltos de Melhoria de Desempenho Pós-ativação (PAPE_Saltos);
- Realização do teste sem o protocolo de Melhoria de Desempenho Pós-ativação (Controle).

3.4.4 VARIÁVEIS DE CONTROLE

- Temperatura da sala para realização dos testes submáximos;
- Altura do Saltos CMJ anteriormente ao PAPE, após intervalo ótimo e após protocolo, e antes e após o protocolo controle.

3.5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Biodinâmica (LaBiodin) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da UFRGS. Na primeira visita, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e em seguida, foi feita a avaliação antropométrica e familiarização com os protocolos dos testes. Na segunda visita, fizeram o protocolo de saltos com perda de altura para determinar o número ótimo de saltos e posteriormente o mesmo protocolo para estabelecer o intervalo ótimo. Depois, os indivíduos realizaram mais duas visitas, uma para o teste submáximo na condição controle e uma para a condição PAPE_Saltos. A ordem das visitas foi randomizada.

Avaliações antropométricas. O participante se posicionou na balança com estadiômetro para aferição da massa corporal e estatura.

Determinação da carga ótima e do intervalo ótimo do PAPE_Saltos. Os participantes realizaram um aquecimento articular, após isso, se posicionaram em um tapete de contato (*Jump System*, Cefise, Nova Odessa, Brasil) e realizaram uma sequência de saltos contramovimento consecutivos, até que se observasse uma redução de aproximadamente 15% da altura de salto (SANCHEZ-MEDINA & GONZÁLES-BADILLO, 2011). A carga ótima foi determinada pela quantidade de saltos que cada indivíduo deveria fazer. Essa quantidade de saltos foi identificada com base no intervalo ótimo, ou seja, a faixa de tempo em que o corredor apresentou melhor

desempenho. Em seguida, os participantes realizaram um *countermovement jump* (CMJ), 15 segundos, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 minutos após o protocolo para obter o intervalo ótimo em que o participante obteve a maior altura de salto (TURNER *et al.*, 2015).

Teste submáximo em esteira. Nos testes submáximos, os participantes se posicionaram em cima da esteira, parados, para a realização da coleta da força peso, durante 3 s. Em seguida os atletas iniciaram a corrida em uma velocidade fixa de 12 km/h. A frequência cardíaca era coletada e observada, até que ocorresse uma estabilização. Uma vez estabilizada, era iniciada uma gravação de 20 segundos, para aquisição dos dados de força de reação do solo pelas quatro células de carga tridimensionais, para a análise do presente estudo foi considerada apenas a força vertical (fv). Encerrada a coleta da força de reação do solo, era comunicado ao corredor que o teste seria encerrado. Então, imediatamente após a saída do participante da esteira, ele realizava o último CMJ, na plataforma de força.

Situação controle. Os participantes executaram um CMJ na plataforma de força e em seguida eram posicionados na esteira para o teste submáximo. Ao final do teste, realizaram mais um CMJ na plataforma de força.

Situação PAPE_Saltos. Os participantes executaram um CMJ na plataforma de força para a determinação da altura de salto base (*BASELINE*) e em seguida posicionados na esteira para a coleta da força peso. Depois, foi feita a sequência de saltos consecutivos e o sujeito aguardava seu intervalo ótimo. Ao final do intervalo, mais um CMJ era realizado na plataforma de força e logo após o participante era posicionado na esteira para a realização do teste submáximo. Por último, realizaram mais um CMJ na plataforma de força.

3.6 TRATAMENTO DE DADOS

A força de reação do solo foi coletada com Instor software (Porto alegre, Brasil) com frequência de 1000Hz por canal e posteriormente foi processada em uma rotina do software *LabView* (*National Instruments*, Austin, Estados Unidos), de acordo com metodologia proposta por Da Rosa *et al.* (2020), eram registradas gravações de 20 segundos. Posteriormente no *LabView*, eram feitos recortes dessa gravação, onde

então, as variáveis de tempo de contato e tempo aéreo eram obtidas. Após isso, era calculada a média das variáveis anteriormente citadas em 10 passadas.

Para calcular o *duty factor* foi utilizada a fórmula: tempo de contato dividido pela soma do tempo de contato e do tempo aéreo. Para os valores do *duty factor effective* foi utilizada a mesma fórmula, considerando o tempo de contato efetivo dividido pela soma do tempo de contato efetivo e do tempo aéreo efetivo.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram descritos em média e desvio padrão. Em seguida, foi feito o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Além disso, para verificar diferenças nas variáveis entre as situações, foi utilizado o teste t para amostras emparelhadas. O software SPSS foi usado para analisar os dados. O α foi considerado significativo quando $\alpha < 0,05$.

4. RESULTADOS

O teste de Shapiro-Wilk demonstrou que não houve diferenças significativas entre as situações (situação controle para a variável DFE = $0,469 \pm 0,019$, situação PAPE_Saltos para a variável DFE = $0,457 \pm 0,020$, situação controle para a variável DF = $0,607 \pm 0,046$, situação PAPE_Saltos para a variável DF = $0,580 \pm 0,023$), assegurando a distribuição normal dos dados.

Na comparação das situações controle com a PAPE_Saltos para a variável DFE houve diferença significativa ($p = 0.008$), sugerindo que poderia haver uma eficácia da intervenção na situação PAPE_saltos. Já na comparação da situação controle com a situação PAPE_Saltos para a variável DF não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p=0.154$).

A Tabela 2. Resultados da comparação das situações controle e PAPE_Saltos nas variáveis Duty Factor Effective (DFE) e Duty Factor (DF).

	Controle(n=10)	PAPE_Saltos(n=10)	
	média \pm dp	média \pm dp	p
DFE	0,469 \pm 0,019	0,457 \pm 0,020	0,008*
DF	0,607 \pm 0,046	0,580 \pm 0,046	0,154

* indica diferença significativa.

5. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar e comparar o efeito de um protocolo de PAPE e uma situação controle nas variáveis DFE e DF durante corridas submáximas em corredores recreacionais. Os resultados indicaram que houve diferença significativa na comparação da situação controle com a PAPE_Saltos para a variável DFE. Por outro lado, na comparação da situação controle com a PAPE_Saltos para a variável DF não foram encontradas diferenças.

O DF é essencial para a mecânica da corrida. Ele influencia diretamente na economia e eficiência do movimento. A eficiência na locomoção pode ser descrita como a relação entre energia mecânica gerada e energia metabólica consumida (PEYRÉ-TARTARUGA; COERTJENS, 2020). Um DF adequado poderia melhorar a eficiência de corrida ao permitir uma recuperação da energia elástica de forma mais eficaz, reduzindo a demanda metabólica para sustentar uma determinada velocidade de corrida, otimizando assim o desempenho de um indivíduo.

Um estudo na literatura apontou que corredores classificados como aéreos obtiveram um menor DF (<27,6%), o que significa que eles tiveram um maior tempo aéreo. Corredores classificados como terrestres tiveram um maior DF (>28,8%), ou seja, obtiveram um tempo de contato maior. Além disso, Núñez Lisboa *et al.* (2021), ao comparar jogadores de futebol e nadadores em um teste de esteira com três velocidades diferentes enquanto mediam parâmetros biomecânicos, encontraram que os jogadores de futebol obtiveram um tempo de contato efetivo menor, o que resultou em uma razão de tempo de contato efetivo/ tempo aéreo efetivo menor em comparação aos nadadores.

Esses achados corroboram com os achados do presente estudo, uma vez que, após a situação PAPE_Saltos, obtivemos menor DFE em comparação a situação controle e apesar de não encontrarmos diferença significativa na situação PAPE_Saltos para a variável DF em comparação a situação controle, o valor dessa variável foi menor. Sendo assim, esse resultado sugere que a situação PAPE_Saltos contribui para uma característica de corrida mais semelhante a de corredores aéreos (Patoz *et al.*, 2019). Também, o protocolo PAPE_Saltos pode ter promovido melhorias na eficiência da recuperação da energia elástica (BLAZEVICH; BABAUULT, 2019), refletida pela redução no DFE. Assim, é importante que treinadores se atentem a

escolha dos exercício de ativação (aquecimentos), a intensidade e o intervalo, a fim de aproveitar melhor a eficácia do PAPE na performance dos corredores.

A assimetria de corrida também é um aspecto que impacta a performance de corredores. Segundo os achados de Da Rosa *et al.* (2019), existe uma relação entre o nível de assimetria de rebote e performance de corrida, isto significa que assimetrias significativas entre fases de contato efetivo e de voo efetivo podem levar a discriminação de desempenho em corredores mais eficientes e menos eficientes. Fischer *et al.* (2015), ao avaliar corredores recreacionais e analisar como a fadiga influenciada por 60 segundos de saltos contramovimento afeta a mecânica de corrida encontraram que o tempo de contato aumentou após o protocolo de fadiga. Diferente desse resultado, o presente estudo não encontrou diferenças entre as situações controle e PAPE_Saltos para a variável DF, o que pode significar que o tempo de contato e de voo permaneceram o mesmo para ambas. Possíveis explicações para esse resultado podem ser devido ao número de participantes do estudo, que não atingiu o n amostral calculado.

Por outro lado, na comparação da situação controle com a situação PAPE_Saltos para a variável DFE houve diferenças significativas. A vista disso, a literatura mostra que o tempo aéreo efetivo e tempo de contato efetivo podem ser mais precisos para diferenciar corredores de maior e menor desempenho (Da Rosa *et al.*, 2019).

Uma possível limitação do presente estudo é o número de participantes. O cálculo amostral previa 14 corredores, todos esses foram recrutados e participaram da primeira visita. Porém, dois participantes desistiram por problemas de horário e, posteriormente, ao final das coletas, os dados de 2 participantes foram perdidos e não foram incluídos na análise. Entretanto, apesar da perda amostral, não foi encontrado na literatura estudos que fizeram a análise do DF com tempos de contato efetivo e aéreo efetivo. Além disso, a proposta do DFE como uma variável biomecânica da corrida mais precisa para avaliar o desempenho de corredores parece ser interessante e inovador.

6. APLICAÇÃO PRÁTICA

O DFE parece ser uma variável biomecânica mais precisa na análise da eficiência da mecânica de corrida, pois leva em consideração a efetividade do tempo de contato com o solo em termos de propulsão e absorção do impacto. Por esse

motivo, seria interessante que treinadores e profissionais da área incluíssem essa variável nas avaliações de seus alunos e atletas, visando melhores prescrições de treinamento e conseqüentemente, melhores desempenhos.

7. CONCLUSÃO

Os achados do presente estudo demonstraram que na comparação das situações controle com a PAPE_Saltos para a variável DFE houve diferenças significativas, diante disso conclui-se que um DFE baixo pode significar maior eficiência mecânica na corrida. Além do mais, os resultados indicam que o protocolo PAPE pode ser eficaz. Por sua vez, na comparação das situações controle com a PAPE_Saltos para a variável DF não houve diferenças, sendo uma das possíveis explicações o número de participantes, que não atingiu o n amostral calculado inicialmente.

REFERÊNCIAS

- BLAZEVICH, A. J.; BABAULT, N. Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in Physiology*, v. 10, n. 1359, 1 nov. 2019.
- BLICKHAN, R. The spring-mass model for running and hopping. *Journal of biomechanics*, [s. l.], v. 22, n. 11–12, p. 1217–1227, 1989.
- BOULLOSA, D. *et al.* A new taxonomy for postactivation potentiation in sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, [s. l.], v. 15, n. 8, p. 1197–1200, 2020.
- BOULLOSA, D. A.; TUIMIL, J. L. Postactivation potentiation in distance runners after two different field running protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Department of Physical and Sports Education, Faculty of Physical Activity and Sports Sciences, University of A Coruna, A Coruna, Spain, v. 23, n. 5, [s.d.].
- CAVAGNA, Giovanni A. The two asymmetries of the bouncing step. *European Journal of Applied Physiology*, [s. l.], v. 107, n. 6, p. 739–742, 2009.
- CAVAGNA, G. A. *et al.* The determinants of the step frequency in running, trotting and hopping in man and other vertebrates. *The Journal of Physiology*, [s. l.], v. 399, p. 81–92, 1988.

- CAVAGNA, G. A.; LEGRAMANDI, M. A.; PEYRE-TARTARUGA, L. A. The landing–take-off asymmetry of human running is enhanced in old age. *Journal of Experimental Biology*, [s. l.], v. 211, n. 10, p. 1571–1578, 2008.
- DA ROSA, Rodrigo Gomes et al. Landing-takeoff asymmetries applied to running mechanics: A new perspective for performance. *Frontiers in Physiology*, [s. l.], v. 10, n. MAR, p. 1–8, 2019.
- FISCHER, G.; STORNILO, J. L. L.; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Effects of Fatigue on Running Mechanics: Spring-Mass Behavior in Recreational Runners After 60 Seconds of Countermovement Jumps. *Journal of Applied Biomechanics*, [s. l.], v. 31, n. 6, [s.d.].
- GARCÍA-PINILLOS, F. et al. Responsiveness of The Countermovement Jump and Handgrip Strength to an Incremental Running Test in Endurance Athletes: Influence of Sex. *Journal of Human Kinetics*, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 199–208, 2018.
- GARCIA-PINILLOS, F.; MOLINA-MOLINA, A.; LATORRE-ROMAN, P. A. Impact of an incremental running test on jumping kinematics in endurance runners: can jumping kinematic explain the post-activation potentiation phenomenon? *Sports biomechanics*, England, v. 15, n. 2, p. 103–115, 2016.
- GARCÍA-PINILLOS, F.; SOTO-HERMOSO, V. M.; LATORRE-ROMÁN, P. A. Acute effects of extended interval training on countermovement jump and handgrip strength performance in endurance athletes: postactivation potentiation. *Journal of Strength & Conditioning Research*, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 11–21, 2015.
- GIRARD, O. et al. Changes in running mechanics and spring-mass behaviour during a 5-km time trial. *International journal of sports medicine*, Germany, v. 34, n. 9, p. 832–840, 2013.
- GÓMEZ-MOLINA, J. et al. Effect of 8 weeks of concurrent plyometric and running training on spatiotemporal and physiological variables of novice runners. *European journal of sport science*, England, v. 18, n. 2, p. 162–169, 2018.
- HANLEY, B.; MERLINO, S.; BISSAS, A. Biomechanics of World-Class 800 m Women at the 2017 IAAF World Championships. *Frontiers in Sports and Active Living*, v. 4, 14 abr. 2022.
- LEGRAMANDI, M. A.; SCHEPENS, B.; CAVAGNA, G. A. Running humans attain optimal elastic bounce in their teens. *Scientific reports*, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 1–4, 2013.
- MCMAHON, T. A.; CHENG, G. C. The mechanics of running: how does stiffness couple with speed? *Journal of biomechanics*, [s. l.], v. 23, p. 65–78, 1990.

- MUYBRIDGE, E. The human figure in motion. [S. l.]: *Courier Corporation*, 2012.
- NÚÑEZ LISBOA, M.; PEÑAILILLO, L. E.; CANCINO, J.; ZBINDEN-FONCEA, H.; DEWOLF, A. H. Influence of sports background on the bouncing mechanism of running. *Sports Biomechanics*, [S.l.], p. 670-681, 2021.
- PATOZ, A. *et al.* Duty Factor Is a Viable Measure to Classify Spontaneous Running Forms. *Sports*, v. 7, n. 11, p. 233, 10 nov. 2019.
- PATOZ, A. *et al.* Intra and inter-rater reliability of the Volodalen® scale to assess aerial and terrestrial running forms. *Journal of Athletic Enhancement*, v. 2019, n. 3, p. 1–6, 1 jan. 2019.
- PEYRÉ-TARTARUGA, Leonardo Alexandre; COERTJENS, Marcelo. Locomotion as a powerful model to study integrative physiology: efficiency, economy, and power relationship. *Frontiers in Physiology*, [S.l.], v. 11, p. 1-12, 2020.
- ROUSANOGLOU, E. N. *et al.* Alterations of vertical jump mechanics after a half-marathon mountain running race. *Journal of Sports Science & Medicine*, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 277–286, 2016.
- SANCHEZ-MEDINA, L.; GONZÁLES-BADILLO, J. J. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 43, n. 9, p. 1725–1734, 2011.
- SARTORATO, R. Análise mecânica e metabólica da transição entre a caminhada e a corrida. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, [s.n.], [s.d.].
- SCHMOLINSKY, G. Atletismo. Lisboa: Estampa, 1982.
- SEYFARTH, A. *et al.* A movement criterion for running. *Journal of biomechanics*, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 649–655, 2002.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa “Os Efeitos de Diferentes Treinamentos Pliométricos nas Variáveis Fisiomecânicas da Corrida” que tem como objetivo analisar as diferenças entre o treinamento pliométrico tradicional comparado com o treinamento pliométrico utilizando séries *cluster* com redistribuições de intervalo.

O estudo conta com uma intervenção de 6 semanas de treinamento aeróbico e de pliométrico para os grupos experimentais, o grupo controle realizará apenas o treinamento aeróbico. Serão realizadas avaliações pré estudo, com 4 visitas distintas e avaliações pós estudo, com 3 visitas distintas. Os treinamentos irão ocorrer na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rua Felizardo, 750, Jardim Botânico, em Porto Alegre.

Os benefícios da participação deste estudo serão os conhecimentos do condicionamento físico em que os participantes se encontram, que podem auxiliar na prescrição do treinamento aos seus treinadores. Além disso, será utilizado um treinamento que já mostra melhoras no rendimento físico de corredores.

Participante, leia atentamente a próxima parte:

- Estou ciente que durante um dos testes de esforço máximo, respirarei através de uma máscara, na qual estará anexado um analisador de gases. Nestes testes de esforço máximo estarão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário. Também existe a possibilidade de alterações nos batimentos cardíacos e na pressão arterial, ou mesmo um ataque do coração durante os testes. Porém, eu entendo que a minha frequência cardíaca será monitorada durante os testes de laboratório, e que eu posso terminar o teste em qualquer momento sob meu critério. Além disso, este procedimento será acompanhado por funcionários do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da UFRGS. Ainda, estou ciente que existe risco de queda durante o teste de esforço máximo realizado em esteira. Salientamos também que, o pesquisador e o patrocinador dos estudos não irão onerar os planos de saúde, o SUS, ou o próprio participante da pesquisa, dessa forma, responsabilizando-se por todos os gastos relativos aos cuidados de rotina (exames e procedimentos) necessários após assinatura do consentimento livre esclarecido.

- Além disso, estou ciente de que os testes e as sessões de treinamento contarão com um médico presente na escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança. Caso necessário serei amparado pela equipe de pesquisadores presentes e o médico recebendo o atendimento adequado. Em casos de possíveis traumas ou lesões

durante os testes máximos ou durante as sessões de treinamento, serei amparado pelo atendimento dos pesquisadores envolvidos e o médico do laboratório será contatado imediatamente.

- A participação no estudo é voluntária, e você tem o direito a receber informações dos seus resultados ao longo do estudo em qualquer momento bem como, desistir da participação em qualquer estágio do processo. Os resultados deste estudo serão mantidos confidenciais e quando divulgados preservarão o anonimato dos participantes.

- O pesquisador responsável se compromete a acompanhar o andamento de sua participação e prestar eventuais informações a qualquer momento do estudo.

- Todas as visitas para as avaliações terão duração de aproximadamente 1 hora.

Os procedimentos escritos acima serão explicados pelo pesquisador Doutor Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus orientandos, Guilherme Droscher de Vargas e bolsistas selecionados. Estes irão responder qualquer dúvida que tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos. Todos os dados em relação à minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, entendo que no momento da publicação, os resultados serão divulgados de maneira adequada, então não irá ser feita associação entre os dados publicados e meu nome.

A participação no estudo é totalmente voluntária, além disso não envolve valores a pagar ou receber. Porém, os gastos relacionados ao deslocamento até o local de realização do estudo serão ressarcidos por meio do pagamento do valor correspondente a passagens de transporte público municipal.

Estou ciente que poderei fazer contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo ou se sentir que há uma violação dos meus direitos, através dos telefones: (51) 3308-5820 (Centro Natatório, sala 18: Rua Felizardo 750, Jd. Botânico, CEP 90690-200, Porto Alegre -RS); (51) 3308-3787 (Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS) email: etica@propesq.ufrgs.br , (51) 3308-5820 (Laboratório de Pesquisa do Exercício).

Durante a realização do projeto de pesquisa eu terei o direito de me recusar a prosseguir com o mesmo. A desistência após ingressar no estudo não implicará em nenhum tipo de prejuízo.

Todos os procedimentos que serei submetido serão conduzidos por profissionais, professores ou bolsistas com experiência prévia em todos os procedimentos.

Uma via deste documento ficará comigo, enquanto outra via ficará guardada com os pesquisadores.

Nome do participante _____

Assinatura do participante _____

Nome do Pesquisador _____

Assinatura do Pesquisador _____

Porto Alegre, _____ de _____ de 2022.