
EDUCAÇÃO FÍSICA

JOÃO VICTOR TOSATTO MERCE

**VANTAGENS DO TREINAMENTO DE FORÇA
ESPECÍFICO PARA MEMBROS INFERIORES EM
CORREDORES FUNDISTAS**



Rio Claro - SP
2024

JOÃO VICTOR TOSATTO MERCE

VANTAGENS DO TREINAMENTO DE FORÇA ESPECÍFICO PARA MEMBROS
INFERIORES EM CORREDORES FUNDISTAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Bacharel em
Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Kokubun

Coorientadora: Profa. Dra. Deisy Terumi Ueno

Rio Claro - SP
2024

M553v

Merce, João Victor Tosatto

Vantagens do treinamento de força específico para membros inferiores em corredores fundistas / João Victor Tosatto Merce. -- Rio Claro, 2024
23 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientadora: Eduardo Kokubun

Coorientadora: Deisy Terumi Ueno

1. Corrida. 2. Resistência. 3. Atletismo. 4. Treinamento de força. 5.
Fundistas. I. Título.

JOÃO VICTOR TOSATTO MERCE

**VANTAGENS DO TREINAMENTO DE FORÇA ESPECÍFICO PARA
MEMBROS INFERIORES EM CORREDORES FUNDISTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Bacharel em
Educação Física

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Eduardo Kokubun

Prof. Dr. Alexandre Gabarra de Oliveira

Prof. Dr. Adalgiso Coscrato Cardozo

Aprovado em: 13 de novembro de 2024

Assinatura do discente

Assinatura do(a) orientador(a)

Assinatura do(a) coorientador(a)
(se houver)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que este trabalho fosse possível. Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão aos meus orientadores Prof. Dr. Eduardo Kokubun e a Profa. Dra. Deisy Terumi Ueno, pela paciência e dedicação durante todo o processo de desenvolvimento do TCC. Suas orientações e conselhos foram fundamentais não apenas para a estruturação deste trabalho, mas também para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos meus familiares, o meu agradecimento por estarem sempre ao meu lado. Sem o carinho, paciência e suporte de vocês, essa jornada teria sido muito mais árdua. Agradeço por entenderem minhas ausências, por oferecerem palavras de incentivo nos momentos de cansaço e, principalmente, por serem a base que sempre me mantém firme. Aos amigos, agradeço pela leveza que trouxeram em momentos de pressão e pelas conversas que me ajudaram a manter o equilíbrio e a clareza mental durante esse processo.

Por fim, não posso deixar de agradecer aos professores e colegas de curso, que contribuíram com suas ideias, críticas construtivas e trocas de conhecimento ao longo dos anos. Foram essas trocas que enriqueceram minha formação e me ajudaram a enxergar novas perspectivas. A todos, meu profundo agradecimento por fazerem parte dessa caminhada e contribuírem para a realização deste trabalho.

RESUMO

O treinamento de força é importante para o desenvolvimento físico e desempenho esportivo, elementos que englobam os corredores no atletismo. Além do fortalecimento dos músculos e do aumento da resistência muscular, ele contribui para a melhoria da composição corporal, reduzindo o risco de lesões comuns associadas à prática da corrida. Ou seja, inserir o treinamento de força de forma específica nos regimes de treinamento dos corredores não apenas melhora sua performance, mas também promove uma prática esportiva mais segura e sustentável a longo prazo. Estudos mostram benefícios do treinamento de força para aumentar a potência, velocidade, resistência e o VO₂ máximo dos corredores, oferecendo vantagens significativas, especialmente para corredores fundistas. No entanto, é essencial uma estruturação cuidadosa e uma organização adequada dos treinos, levando em consideração o volume e intensidade do treinamento de corrida, bem como os objetivos específicos de desempenho e prevenção de lesões, conforme ressaltado por Schoenfeld. Assim, embora ofereça inúmeras vantagens, a implementação do treinamento de força deve ser planejada e executada de forma criteriosa para garantir resultados positivos. Portanto, o presente estudo teve como objetivo verificar a influência do treinamento de força específico para membros inferiores em corredores fundistas, analisando sua eficácia para o aumento de performance e redução nos tempos de provas. Para tanto, foi realizada uma revisão literária de estudos publicados nas bases de dados do Medline, Pubmed, SciELO e Lilacs, bem como as revistas científicas *Journal of Applied Physiology* e *American College of Sports Medicine*, além de pesquisas no Google Scholar através de combinações de palavras-chave como: “exercício”, “treinamento físico”, “VO₂ Máximo”, “força”, “corredores”, “fundistas”, “prevenção de lesões”, “membros inferiores” e “corrida”. A partir dos estudos analisados, foi possível concluir que adicionar treinos de força em rotinas de treinamento para corredores fundistas podem aumentar a economia de corrida e a performance significativamente em comparação às rotinas que possuem apenas o treinamento aeróbico puro em seu protocolo.

Palavras-chave: Treinamento; força; corrida; corredores.

ABSTRACT

Strength training is important for physical development and sports performance, elements that include runners in athletics. In addition to strengthening muscles and increasing muscular resistance, it contributes to improving body composition, reducing the risk of common injuries associated with running. In other words, integrating strength training specifically into runners training regimes not only improves their performance, but also promotes safer and more sustainable sports in the long term. Studies show benefits of strength training to increase runners power, speed, endurance and VO2 max, offering significant advantages, especially for distance runners. However, careful structuring and adequate organization of training is essential, taking into account the volume and intensity of running training, as well as specific performance and injury prevention objectives, as highlighted by Schoenfeld. Therefore, even though it offers numerous advantages, the implementation of strength training must be planned and executed carefully to ensure positive results. Consequently, the present study aimed to verify the influence of specific strength training for lower limbs in long distance runners, analyzing its effectiveness in increasing performance and reducing race times. To this end, a literary review was carried out of studies published in the Medline, Pubmed, SciELO and Lilacs databases, as well as the scientific journals Journal of Applied Physiology and American College of Sports Medicine, in addition to searches on Google Scholar through combinations of keywords like: “exercise”, “physical training”, “VO2 Maximum”, “strength”, “runners”, “distance runners”, “injury prevention”, “lower limbs” and “running”. From the studies analyzed, it was possible to conclude that adding strength training to training routines for long distance runners can significantly increase running economy and performance compared to routines that only have pure aerobic training in their protocol.

Keywords: Training; strength; race; runners.

Title in english: ADVANTAGES OF SPECIFIC STRENGTH TRAINING FOR LOWER LIMBS IN LONG DISTANCE RUNNERS.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 OBJETIVOS.....	8
2.1. Objetivo Geral.....	8
2.2. Objetivos Específicos.....	8
3. METODOLOGIA.....	9
4. DESENVOLVIMENTO.....	10
4.1. VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS.....	11
4.1.1. VO2 máximo.....	11
4.1.2. Limiar de lactato.....	11
4.1.3. Capacidade aeróbia (resistência e potência).....	12
4.1.4. Frequência cardíaca.....	13
4.1.5. ECONOMIA DE CORRIDA.....	13
4.2. METODOLOGIAS DE TREINAMENTO.....	14
4.3. EVIDÊNCIAS SOBRE OS TREINAMENTOS DE FORÇA, UNILATERAL, FUNCIONAL E PLIOMÉTRICO.....	15
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força desempenha um papel fundamental no desenvolvimento físico, independentemente da modalidade esportiva. Ao aumentar a resistência muscular a partir do fortalecimento dos músculos, o treinamento não apenas melhora a capacidade funcional do corpo, mas também reduz o risco de lesões relacionadas ao esporte (Aagaard; Andersen, 2010). Além disso, a prática pode contribuir na melhoria da composição corporal, aumentando a massa muscular magra e reduzindo assim, os níveis de gordura, podendo resultar em um aumento do metabolismo basal e na otimização da eficiência energética durante a prática esportiva. O autor Schoenfeld (2010) ressalta que tal preparação não deve ser negligenciada em nenhum programa de condicionamento físico ou treinamento esportivo, tendo em vista sua importância para alcançar o máximo potencial atlético e manter a saúde muscular e articular a longo prazo.

Peyré et al. (2021), consideram que executar um treino de força se faz essencial para auxiliar os músculos não apenas no ganho de força, mas também, para melhoria nas ações esportivas, além de potencializar os membros a agirem com sua força máxima unida com as forças de velocidade e resistência. Para corredores no atletismo, não é diferente, o treinamento de força desempenha um papel crucial na melhora do desempenho. Embora os treinamentos de resistência aeróbia sejam tradicionalmente mais utilizados, o trabalho de força específico para membros inferiores é essencial, tendo em vista sua capacidade de fortalecer os músculos envolvidos na corrida, como o quadríceps, os isquiotibiais, panturrilhas e músculos do core, a fim de promover uma biomecânica mais eficiente, garantindo uma maior estabilidade articular nos movimentos, reduzindo o risco de lesões comuns associadas à prática da corrida, como lesões nos joelhos, tornozelos e quadris (Aagaard; Andersen, 2010). Em suma, integrá-lo de forma adequada e específica nos regimes de treinamento de corredores não só melhora sua performance, mas também contribui para uma prática esportiva mais segura e sustentável a longo prazo.

Além disso, Denadai e Greco (2017) apontam que o treinamento de força contribui para o desenvolvimento de potência e velocidade, permitindo que os

corredores aumentem sua capacidade de resistência e o retardo da fadiga durante corridas de média distância, bem como ao aumento do VO₂ máximo, uma vez que a melhoria na força muscular permite que o corpo realize o trabalho físico com maior eficiência, reduzindo assim, a demanda de oxigênio durante o exercício.

Aagaard e Andersen (2010) consideram que para corredores fundistas, cujas provas exigem predominantemente o uso das fibras musculares do tipo I e IIA, responsáveis por uma maior capacidade aeróbica e resistência física, a inclusão do treinamento de força pode oferecer benefícios significativos. Embora as fibras do tipo IIB sejam menos utilizadas durante corridas de longa distância, para Ferrauti et al. (2010), elas desempenham um papel importante como coadjuvantes em algumas situações, como a de aceleração ou de garantir maior estabilidade às articulações e absorção de impacto em terrenos irregulares. Portanto, tal prática direcionada para fibras de contração rápida pode melhorar a potência muscular, permitindo que os corredores fundistas enfrentem com mais eficácia as mudanças de ritmo, aumentando a velocidade em determinados trechos da prova, bem como o auxílio a manter biomecânica adequada durante uma corrida.

Apesar das vantagens do treinamento de força para corredores no atletismo, Schoenfeld (2010) cita que é fundamental ressaltar a importância de uma estruturação cuidadosa e organização adequada dos treinos, devendo seguir um programa de treinamento que seja específico para suas necessidades individuais. No caso, levando em consideração o volume e a intensidade do treinamento de corrida, bem como os objetivos específicos de desempenho e prevenção de lesões. A periodização adequada do treinamento, alternando períodos de choque e recuperação, também é fundamental para evitar o *overtraining* e permitir a adaptação muscular necessária para o progresso contínuo. Portanto, embora o treinamento de força ofereça inúmeras vantagens aos corredores, a sua implementação deve ser cuidadosamente planejada e executada para garantir os possíveis resultados positivos.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Verificar a influência do treinamento de força específico para membros inferiores em corredores fundistas, analisando sua eficácia para o aumento de performance e redução nos tempos de provas.

2.2. Objetivos Específicos

Analisar os impactos do treinamento de força nos níveis de VO2 máximo e avaliar os benefícios na economia de corrida e na prevenção de lesões em corredores.

3. METODOLOGIA

Uma revisão da literatura foi conduzida por meio de pesquisas em bases de dados eletrônicas (Medline, Pubmed, SciELO e Lilacs), bem como na lista de referências dos artigos identificados, onde foram incluídos 13 artigos para definições gerais acerca das variáveis fisiológicas, 5 artigos para as metodologias de treinamento, junto de 4 estudos de caso para a última seção citada.

Os descritores em língua portuguesa e inglesa considerados nas buscas, durante os meses de agosto e setembro de 2024, incluíram "exercício", "treinamento físico", "VO2 Máximo", "força", "corredores", "fundistas", "prevenção de lesões" e "membros inferiores". Inicialmente, foram identificadas centenas de publicações potencialmente elegíveis para inclusão nesta revisão por meio desse procedimento de busca. Em seguida, os artigos que preencheram os critérios foram identificados, que consistiam em, pelo menos, duas das seleções a seguir: (a) amostra incluindo atletas ou corredores amadores; (b) utilização de uma medida de treinamento físico; (c) artigo de pesquisa, evitando preferencialmente teses, dissertações e monografias, dada a inviabilidade de realizar uma busca sistemática desses materiais. As referências que atenderam aos critérios de inclusão foram avaliadas, independentemente do periódico.

Após uma primeira análise dos títulos, vários artigos foram considerados elegíveis para a segunda fase da revisão, que envolveu a leitura dos resumos. Os estudos que pareciam preencher os critérios de inclusão foram então lidos na íntegra. Por fim, foi realizada uma análise dos resultados coletados para avaliar os efeitos do treinamento em múltiplas variáveis, como por exemplo, o tempo de corrida, a resistência muscular, incidência de lesões e níveis do VO2 máximo e do limiar de lactato. Ao final, foi elaborada uma conclusão dos resultados obtidos em relação aos objetivos do estudo e uma avaliação das vantagens do treinamento de força específico para membros inferiores em corredores fundistas.

4. DESENVOLVIMENTO

Uma das modalidades mais antigas do atletismo, as corridas de longa distância só se tornaram populares durante os primeiros Jogos Olímpicos da Grécia Antiga, que eram uma manifestação caracteristicamente primária da celebração de ideais básicos por meio de competições esportivas (Raschke, 2002). Tendo suas origens no passado, o esporte se desenvolveu ao longo dos séculos e se tornou uma atividade comum praticada pela maioria das culturas e contextos esportivos. No entanto, não teve um destaque relevante até o século XX efetivamente, onde a ascensão da corrida de rua foi proporcionada pela inserção da maratona em grandes eventos, como os Jogos Olímpicos (Nikolaidis; Knechtle, 2022). Daí em diante, tornou-se uma atividade física acessível e democrática, aberta a todos os participantes, com a participação de atletas profissionais, amadores e indivíduos que apenas buscam saúde ou o desenvolvimento pessoal (Nikolaidis; Knechtle, 2022).

Porém, em efeito contrário ao *boom* das corridas de rua, a sociedade moderna encontra complicações associadas à falta de um estilo de vida ativo. (Pereira et al., 2017). Na era tecnológica atual, onde há fácil acesso na aquisição de aparelhos eletrônicos e uma enorme dispersão de atividades sedentárias, como longos períodos de uso de computadores e smartphones, estudos sugerem que o sedentarismo é considerado um problema epidemiológico com uma relação direta com condições patológicas como obesidade, doenças cardiovasculares e distúrbios metabólicos (Pereira et al., 2017).

Por outro lado, a implementação de atividades físicas regulares se destaca como uma das estratégias para neutralizar efetivamente os maus resultados associados a essas práticas, melhorando os estados de saúde física e mental das pessoas. Nesse sentido, é essencial entender que a corrida de rua pode desempenhar um papel fundamental na promoção da saúde em uma sociedade que, apesar de fazer uso da tecnologia, é marcada pela inatividade (Santos et al., 2019). Sua prática regular contribui para a melhora do condicionamento físico e prevenção de doenças, atuando também como um meio para o bem-estar mental e alívio do estresse. Com essa realidade, o treinamento de força surge como um importante elemento na preparação de atletas, especialmente corredores de longa distância. Além de aumentar a resistência e a força muscular, o treinamento de força específico para membros inferiores tem ganhado destaque, tendo em vista a

redução a incidência de lesões e melhora o desempenho em corridas de longa distância, fortalecendo especificamente os músculos do quadríceps, isquiotibiais e panturrilhas, fornecendo uma base sólida e auxiliando o corredor a manter uma técnica de corrida mais eficiente e melhor economia de movimento (Blagrove; Howatson; Hayes, 2018). Portanto, se faz de suma importância entender que o desempenho dos corredores fundistas é influenciado por diversas das principais variáveis fisiológicas que determinam o condicionamento físico e a eficiência durante o exercício, além de treinos de força com objetivos e propostas diferentes visando algum tipo de intervenção sob os mesmos, que serão retratados a seguir, por meios de citações independentes e de comparações.

4.1. VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

4.1.1. VO2 máximo

O VO2 máximo, ou volume máximo de oxigênio, é uma medida da capacidade aeróbica e do condicionamento físico que representa o limite de oxigênio que o corpo pode utilizar durante exercícios intensos e prolongados (Basset et al., 2000). Tal variável é frequentemente usada em testes de resistência para avaliar a eficiência do sistema cardiovascular e respiratório, bem como a capacidade dos músculos em utilizar o oxigênio disponível. Bassett e Howley (2000) destacam que fatores genéticos, treinamento físico e nível de condicionamento podem influenciar significativamente essa capacidade. Além disso, a avaliação do VO2 máximo é realizada através de testes ergométricos, onde o indivíduo realiza exercícios de esforço progressivos, até atingir níveis próximos a fadiga.

4.1.2. Limiar de lactato

Se caracteriza na intensidade de exercício na qual promove um aumento substancial na concentração de lactato no sangue. Esse ponto decreta a transição entre o metabolismo predominantemente aeróbico e o anaeróbico. Bangsbo et al. (2019) definem que quando a intensidade do exercício ultrapassa esse limiar, o lactato começa a se acumular no sangue, uma vez que a taxa de produção excede a capacidade do corpo de excretá-lo e utilizá-lo eficientemente.

Coyle (1995), em seu estudo, cita que o treinamento pode elevar o limiar, permitindo que um atleta mantenha intensidades mais altas sem acumular tal substância. Esse fenômeno ocorre porque, à medida que a intensidade do exercício aumenta, o corpo começa a depender mais do metabolismo anaeróbico para suprir as demandas energéticas, produzindo lactato como um subproduto. A acumulação de lactato é acompanhada por um aumento na acidez do sangue (diminuição do pH), o que pode levar à fadiga muscular e à diminuição do desempenho atlético, elevando assim o tempo da atividade que está sendo realizada (Bangsbo et al., 2019).

4.1.3. Capacidade aeróbia (resistência e potência)

A capacidade aeróbia, em termos de resistência, é o potencial do corpo de sustentar atividades físicas de intensidade moderada por períodos prolongados, utilizando predominantemente o sistema cardiovascular e respiratório. Essa forma de capacidade aeróbia é fundamental para o desempenho em esportes de longa duração, sendo medida frequentemente pelo VO₂ máximo (Laursen; Jenkins, 2002).

A resistência aeróbia influencia diretamente a eficiência com que o corpo utiliza oxigênio e queima gordura como fonte de energia. Com um treinamento periodizado, o corpo pode aumentar a capacidade de transporte de oxigênio e a capacidade mitocondrial dos músculos, resultando em uma melhor eficiência metabólica (Coffey; Hawley, 2007). O treinamento aeróbio contínuo promove adaptações cardiovasculares e musculares que melhoram a resistência, incluindo uma maior densidade capilar e uma maior capacidade de oxidação de gorduras, permitindo que os atletas mantenham um esforço moderado por períodos mais longos (Coffey; Hawley, 2007).

Por sua vez, a potência aeróbia se trata da capacidade de manter altos níveis de esforço físico em intensidades elevadas, enquanto o organismo ainda depende do sistema aeróbio para fornecer energia. Diferentemente da resistência aeróbia, que é focada na capacidade de sustentar esforços prolongados, a potência aeróbia está mais relacionada à capacidade de gerar energia e realizar trabalhos em intensidades mais altas, porém, por períodos mais curtos, tornando-se fundamental para distâncias que exigem explosão e alta intensidade. Laursen e Jenkins (2002),

destacam que esse tipo de treinamento não só melhora a capacidade aeróbia em altas intensidades, mas também promove adaptações musculares e cardiovasculares que são fundamentais para a performance em esportes de alta intensidade.

4.1.4. Frequência cardíaca

A variável de frequência cardíaca, segundo Akselrod et al. (1981), representa o número de batimentos cardíacos por minuto, tornando uma das principais medidas da função cardiovascular e da resposta do corpo ao exercício. Ou seja, é um indicador direto de como o coração está lidando com as demandas do corpo durante a atividade física. Quando em repouso, os batimentos basais geralmente variam de 60 a 100 batimentos por minuto (bpm). Isso ocorre pois, durante o exercício, a frequência deve aumentar, uma vez que mais oxigênio é necessário para os músculos (Akselrod et al., 1981). Essa resposta, via sistema nervoso autônomo, ajusta a frequência cardíaca para garantir um suprimento adequado de sangue e oxigênio para os músculos em atividade. Para Borg (1982), a frequência cardíaca pode ser usada para monitorar e controlar a intensidade do exercício, o que ajuda a manter o esforço em um nível adequado e evita sobrecarga. Frente a isso, a frequência cardíaca máxima (FCM) é uma das medidas cruciais na determinação da zona e avaliações do domínio do esporte, enfatizado por Akselrod et al. (1981), onde a variabilidade da frequência cardíaca também pode ser associada a uma melhor saúde cardiovascular e menores riscos de doenças cardíacas.

4.1.5. ECONOMIA DE CORRIDA

Saunders et al. (2004) abordam que a economia de corrida reflete a eficiência com a qual um corredor utiliza energia para manter uma certa velocidade. Ela pode ser influenciada por diferentes fatores, como a biomecânica da corrida e a eficiência dos sistemas respiratório e cardiovascular. Além disso, de acordo com o autor, a economia também pode aumentar por meio de treinamento específico, que pode envolver técnicas e fundamentos de corrida, além de ajustes na cadência e no padrão de movimento. Por exemplo, a eficiência na utilização de oxigênio e a capacidade de minimizar a dissipação de energia durante a corrida são alguns dos aspectos que traduzem as definições perante a variável. Para isso, Saunders et al.

(2004) indicam que intervenções que visam melhorar a técnica de passada, como ajustes na cadência e no padrão de contato com o solo, podem reduzir o gasto energético e melhorar a eficiência, além do uso correto de calçados e a inserção de exercícios de fortalecimento, a fim de contribuir para minimizar o esforço necessário para manter uma determinada velocidade.

4.2. METODOLOGIAS DE TREINAMENTO

Frente a todas as definições e variáveis fisiológicas da corrida, é possível identificar diferentes tipos de treinamento, cuja predominância não recaia necessariamente sobre as capacidades aeróbias e respiratórias, como ocorre nos treinamentos habituais de corrida de fundo, sendo os treinamentos longos, intervalados, ritmados, cíclicos, progressivos, *fartleks* e específicos, que são amplamente utilizados para promover uma melhora inicial significativa, principalmente em indivíduos destreinados (Billat, 2001). O treinamento intervalado, por exemplo, melhora tanto a capacidade aeróbica quanto a capacidade de retardo da produção de lactato, tornando-o uma ferramenta fundamental para corredores de fundo, segundo Billat (2001).

Contudo, à medida que o nível de treinamento de um atleta aumenta, a capacidade de gerar adaptações com base exclusivamente no treinamento aeróbico diminui. Em atletas bem treinados, a capacidade de resposta ao estímulo aeróbico se estabiliza, tornando-se menos expressiva. Mujika e Padilla (2001) argumentam que, em atletas altamente treinados, a adição de novos estímulos tornam-se fundamentais para continuar a promover adaptações positivas no desempenho atlético. Esse princípio se aplica principalmente à manutenção da potência muscular e à eficiência biomecânica durante o exercício, fatores que somente o treinamento aeróbico não aborda de maneira eficaz.

Portanto, o encaixe de treinamentos de força torna-se indispensável para suportar o volume e a intensidade do treinamento aeróbico em atletas fundistas. O treinamento de força não apenas auxilia na preservação da massa muscular, mas também melhora a economia de corrida, um fator determinante para a performance em provas de média e longa duração. Blagrove, Howatson e Hayes (2018) destacam que o aumento da força muscular está diretamente relacionado à redução do

consumo de oxigênio durante a corrida, o que potencializa a eficiência metabólica. Com base nessas evidências, a próxima seção discutirá as metodologias de treinamento de força que auxiliam no desenvolvimento de corredores de fundo, focando no ganho de força sem comprometer a capacidade aeróbica, mas sim complementando-a de maneira estratégica para melhorar a performance global dos atletas.

4.3. EVIDÊNCIAS SOBRE OS TREINAMENTOS DE FORÇA, UNILATERAL, FUNCIONAL E PLIOMÉTRICO

O treinamento de força é um método de exercício pelo qual a força dos músculos é realizada para gerar força contra alguma resistência externa, sendo os métodos mais comuns os de pesos, máquinas ou simplesmente o próprio peso corporal. Esse programa não melhora apenas a massa muscular e a força, mas também leva em consideração a coordenação neuromuscular e a eficiência biomecânica, detalhes fundamentais e importantes sobre o desempenho esportivo, destacado por Yamamoto et al. (2008), indicando uma melhora na economia de corrida, devido ao menor consumo de oxigênio em velocidades submáximas, levando a um melhor desempenho em provas de fundo.

Em seu estudo, Storen et al. (2008), contaram com um grupo de amostra de 17 corredores bem treinados, sendo 9 homens e 8 mulheres. O grupo controle apenas continuou seguindo seu protocolo de treinamento, enquanto o grupo de intervenção (4 homens e 4 mulheres), foi submetido, além da própria rotina de treinos de corrida, a 8 semanas de treinamento de força, realizando exercícios de agachamento com 4 séries de 4 repetições máximas, 3 vezes por semana. Os resultados apontaram que o grupo controle não apresentou alterações dos valores em nenhum dos parâmetros, porém no grupo intervenção houve uma melhora de aproximadamente 5% na economia de corrida, uma considerável redução do tempo até a exaustão durante os testes de resistência, e um aumento significativo em 1RM (33,2%), não havendo nenhuma alteração relevante nos níveis de VO₂ máximo ou no peso corporal.

Portanto, pode-se concluir que um aumento na força máxima pode trazer maior eficiência de contração muscular, contribuindo para um melhor desempenho sem aumentar a massa corporal de forma significativa, provando ser um método

eficaz para corredores de fundo na maximização de seu desempenho, uma vez que ele não apenas complementa o treinamento aeróbico, mas também provoca adaptações musculares que permitem melhor utilização de energia durante a corrida.

Já no treinamento unilateral, como o próprio nome já diz, se trata de exercitar uma parte do corpo de cada vez, geralmente com movimentos isolados de uma perna ou de um braço. Esse tipo de treinamento é comum em esportes e protocolos de reabilitação devido ao seu potencial de correção de desequilíbrio muscular e fortalecimento de músculos estabilizadores. Em corridas de longa distância, que envolvem movimentos predominantemente unilaterais, treinar cada membro especificamente pode aumentar a eficiência do movimento e diminuir o risco de lesões (McCurdy et al, 2005).

Para ganhos de força e desempenho atlético, McCurdy et al. (2005) salientou os efeitos do treinamento unilateral e bilateral. O objetivo do estudo foi comparar o treinamento de resistência unilateral com o treinamento de resistência bilateral de curto prazo, usando pesos livres em vários testes de força e potência unilaterais e bilaterais da parte inferior do corpo em homens e mulheres. 38 homens e mulheres não treinados (massa corporal média de 78,3 +/- 21,47 kg; idade de 20,74 +/- 2,6 anos) compuseram a amostra do estudo. Os grupos treinaram 2 dias por semana durante 8 semanas com pesos livres, e 2 dias de 5 por semana durante as primeiras 8 semanas com exercícios pliométricos. A progressão foi de 3 séries de 15 repetições a 50% de 1RM para 6 séries de 5 repetições a 87% de 1RM. O volume e a intensidade do treinamento foram pareados para cada grupo. A força unilateral e bilateral foi medida pelo agachamento com peso livre. A potência foi medida pelo teste de Margaria-Kalamen e pelo salto vertical unilateral e bilateral. A análise de covariância foi utilizada com homens e mulheres como variáveis independentes, para testar diferenças e a interação grupo por gênero. Após as pontuações do pré-teste, o grupo unilateral superou o grupo bilateral em altura de salto vertical unilateral ($p = 0,001$) e potência relativa ($p = 0,013$). As pontuações melhoradas em todos os testes, exceto no agachamento unilateral, foram semelhantes para homens e mulheres após os ajustes realizados. Ou seja, ambos os grupos aumentaram a força, porém, o grupo unilateral melhorou significativamente o equilíbrio e a força dos músculos estabilizadores, ao mesmo tempo em que reduziu a assimetria entre os lados do corpo. Tendo em vista que esse equilíbrio é fundamental na corrida,

visto que pequenos desequilíbrios podem levar à ineficiência biomecânica e a um maior risco de lesões, pode-se dizer que o treinamento unilateral é um protocolo eficaz para corredores fundistas, pois além de aumentar a força, pode corrigir tais assimetrias musculares e fornecer melhor estabilidade durante a atividade.

Por sua vez, o treinamento funcional se trata de um protocolo de exercícios que visa melhorar o corpo humano para executar atividades diárias simples de forma eficiente envolvendo múltiplas articulações e músculos. Ao contrário do treinamento de força tradicional que isola grupos musculares específicos, o treinamento funcional apresenta exercícios que repetem padrões de atividades esportivas e cotidianas, visando benefícios na coordenação, equilíbrio, flexibilidade, força e resistência muscular.

Menz (et al, 2019) avaliou em seu estudo se o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), usando exercícios funcionais é tão eficaz quanto o HIIT de corrida tradicional na melhoria do VO₂ máximo e da resistência muscular. 15 participantes saudáveis e moderadamente treinados do sexo feminino (n = 11) e do sexo masculino (n = 4) (idade 25,6 ± 2,6 anos) foram designados para HIIT de corrida (HIIT-R; n = 8, 6 mulheres, 2 homens) ou HIIT funcional. (HIIT-F; n = 7, 5 mulheres, 2 homens). Durante um período de 4 semanas, ambos os grupos realizaram 14 sessões de exercícios de HIIT-R ou HIIT-F, consistindo de 3 a 4 séries de HIIT de baixo volume (8x 20 s, 10 s de descanso; descanso entre séries: 5 min). Os dados de frequência cardíaca (FC) de treinamento foram coletados durante todas as sessões de treinamento. A FC média e máxima durante as sessões foram significativamente diferentes (p = 0,018 e p = 0,022, respectivamente) entre os grupos de treinamento, com o HIIT-F provocando respostas de FC mais baixas do que o HIIT-R. No entanto, apesar destas diferenças na FC de exercício, o VO₂ máximo melhorou de forma semelhante (~13% para o HIIT-R e ~11% para o HIIT-F, p=0,300). A resistência muscular melhorou significativamente (p = 0,004 e p = 0,001, respectivamente) independente da modalidade de treinamento. Esses resultados sugerem que o HIIT de corrida clássico e o HIIT funcional melhoram o VO₂ máximo e afetam a resistência muscular na mesma medida, apesar de uma menor tensão cardiovascular no protocolo funcional, sugerindo que o mesmo traga uma maior eficiência biomecânica entre corredores ao fortalecer músculos estabilizadores e melhorar a postura durante a corrida.

Todavia, o treinamento funcional melhora o desempenho de corredores, além da coordenação motora e eficiência de movimento por meio da adoção de padrões globais de movimento, bem como garante um aumento da força muscular e a resistência, otimizando assim, a biomecânica e a redução dos riscos de lesões.

Por fim, o treinamento pliométrico representa o método de desenvolvimento de potência muscular por meio de exercícios de treinamento com movimentos explosivos, que incluem ciclos de alongamento e encurtamento muscular. Esse tipo de treinamento combina força e velocidade por meio de saltos, arremessos e outros exercícios que envolvem mudanças rápidas entre fases excêntricas e concêntricas do movimento.

Paavolainen et al. (1999), utilizou seu estudo para avaliar os efeitos do treinamento simultâneo de força explosiva e resistência nas características de desempenho físico. 10 atletas de resistência experimentais (E) e 8 de controle (C) treinaram por 9 semanas. O volume total de treinamento foi mantido o mesmo em ambos os grupos, mas 32% do treinamento em E e 3% em C foram substituídos por treinamento de força explosiva. Foram medidos uma corrida de 5 km (5K), a economia de corrida (ER), a velocidade máxima de 20 m (V20 m) e testes de 5 saltos (5J) em uma pista. Testes de corrida anaeróbica máxima (MART) e aeróbica em esteira foram utilizados para determinar a velocidade máxima no MART (VMART) e o consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx). O tempo 5K, ER e VMART melhoraram ($P < 0,05$) em E, mas não foram observadas alterações em C. V20 m e 5J aumentaram em E ($P < 0,01$) e diminuíram em C ($P < 0,05$). O VO₂ máximo aumentou em C ($P < 0,05$), mas nenhuma alteração foi observada em E. Nos dados agrupados, as alterações na velocidade de 5 km durante 9 semanas de treinamento correlacionaram-se ($P < 0,05$) com as alterações na ER [captação de O₂ ($r = -0,54$)] e VMART ($r = 0,55$). Como resultado, o treinamento de força explosiva e resistência melhorou o tempo de 5 km em atletas de resistência bem treinados, sem alterações no VO₂ máximo. Tal melhoria se deve às características neuromusculares que foram transferidas para uma melhoria do VMART e da economia de corrida. Portanto, esses resultados indicam que o treinamento pliométrico pode ser essencial para estratégias entre corredores fundistas, tendo em vista o aumento da capacidade dos músculos de armazenar e liberar energia elástica, aumentando assim, a eficácia da locomoção.

Em suma, o treinamento pliométrico se caracteriza como uma metodologia eficaz para a corrida e outros esportes que envolvam a resistência e potência, devido à melhora na economia de movimento, maior eficiência neuromuscular e maior força dos músculos responsáveis por gerar força explosiva. Se realizados regularmente dentro de um protocolo, com progressão gradual em velocidade e intensidade, os exercícios pliométricos quando agregados a outros tipos de treinamento podem trazer melhorias no desempenho de corredores fundistas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do trabalho, a partir dos estudos citados, foi possível compreender como as diferentes variáveis fisiológicas e metodologias de treinamento inter-relacionam no desenvolvimento da performance em corredores fundistas. O estudo da capacidade aeróbia e do fortalecimento muscular revelou que o desempenho na corrida vai além da simples melhora do condicionamento cardiovascular.

Tanto o treinamento de força, unilateral, funcional e pliométrico contribuem amplamente para uma melhor economia de corrida. Ao trabalhar músculos estabilizadores e músculos responsáveis pela propulsão, os atletas podem manter melhores movimentos de corridas e economizar energia, evitando possíveis lesões. Além disso, como demonstrado nos estudos analisados, quanto menos energia os atletas gastam para percorrer a mesma distância, mais eficaz se torna seu desempenho, deixando evidente que o desempenho em corridas de longa distância não se restringe apenas ao treinamento aeróbico.

Por fim, igualmente importante se torna o desenvolvimento da força e resistência muscular. Assim, a combinação adequada dessas variáveis promove o desenvolvimento da técnica, aumentando a capacidade do atleta de sustentar altos volumes de treinamento. Portanto, este estudo reitera a necessidade de um programa de treinamento que tenha em seu protocolo diferentes variáveis fisiológicas e tipos de exercícios para otimizar o desempenho e garantir uma evolução consistente e segura ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, Per; ANDERSEN, Jesper L. Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, v. 20, p. 39-47, 2010.
- Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*. 1981 Jul 10;213(4504):220-2. doi: 10.1126/science.6166045. PMID: 6166045.
- Bangsbo J, Hostrup M. [Lactate production contributes to development of fatigue during intense exercise in humans]. *Ugeskr Laeger*. 2019 Feb 18;181(8):V10180669. Danish. PMID: 30821240.
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84.
- Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med*. 2001;31(1):13-31. doi: 10.2165/00007256-200131010-00002. PMID: 11219499.
- Blagrove RC, Howatson G, Hayes PR. Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Sports Med*. 2018 May;48(5):1117-1149. doi: 10.1007/s40279-017-0835-7. PMID: 29249083; PMCID: PMC5889786.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377-81. PMID: 7154893.
- Coffey VG, Hawley JA. The molecular bases of training adaptation. *Sports Med*. 2007;37(9):737-63. doi: 10.2165/00007256-200737090-00001. PMID: 17722947.
- Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev*. 1995;23:25-63. PMID: 7556353.

Denadai BS, Greco CC. Resistance training and exercise tolerance during high-intensity exercise: moving beyond just running economy and muscle strength. *J Appl Physiol* (1985). 2018 Feb 1;124(2):526-528. doi: 10.1152/jappphysiol.00800.2017. Epub 2017 Oct 5. PMID: 28982948.

FERRAUTI, Alexander; BERGERMANN, Matthias; FERNANDEZ-FERNANDEZ, Jaime. Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 24, n. 10, p. 2770-2778, 2010.

Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 2002;32(1):53-73. doi: 10.2165/00007256-200232010-00003. PMID: 11772161.

McCurdy KW, Langford GA, Doscher MW, Wiley LP, Mallard KG. The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *J Strength Cond Res*. 2005 Feb;19(1):9-15. doi: 10.1519/14173.1. PMID: 15705051.

Menz V, Marterer N, Amin SB, Faulhaber M, Hansen AB, Lawley JS. Functional Vs. Running Low-Volume High-Intensity Interval Training: Effects on VO2max and Muscular Endurance. *J Sports Sci Med*. 2019 Aug 1;18(3):497-504. PMID: 31427872; PMCID: PMC6683610.

Mujika I, Padilla S. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Med*. 2001;31(7):479-87. doi: 10.2165/00007256-200131070-00003. PMID: 11428685.

Nikolaidis PT, Knechtle B. Participation and performance characteristics in half-marathon run: a brief narrative review. *J Muscle Res Cell Motil*. 2023 Jun;44(2):115-122. doi: 10.1007/s10974-022-09633-1. Epub 2022 Nov 3. PMID: 36326961; PMCID: PMC10329575.

Paavolainen L, Häkkinen K, Hämmäläinen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* (1985). 1999 May;86(5):1527-33. doi: 10.1152/jappl.1999.86.5.1527. PMID: 10233114.

Pereira, L. M., Rocha, A. M., & Souza, F. J. (2017). O impacto do sedentarismo na saúde pública: Uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 23(4), 299-306.

PEYRÉ, L. A; FORTES, R; TRAPAGA, I. Apostila compilada das aulas de Treinamento Físico. UFRGS, Rio Grande do Sul, 2021.

Raschke, W. (2002). *The Archaeology of the Olympics: The Olympics and Other Festivals in Antiquity*.

Santos, G. P., Fernandes, C. M., & Oliveira, L. R. (2019). Atividade física e promoção da saúde: Benefícios das corridas de rua em uma sociedade sedentária. *Revista de Saúde Pública e Atividade Física*, 25(2), 145-153.

Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med.* 2004;34(7):465-85. doi: 10.2165/00007256-200434070-00005. PMID: 15233599.

Schoenfeld, Brad J. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(10):p 2857-2872, October 2010. | DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e840f3

Støren O, Helgerud J, Støa EM, Hoff J. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Jun;40(6):1087-92. doi: 10.1249/MSS.0b013e318168da2f. PMID: 18460997.

Yamamoto, L. M., Lopez, R. M., Klau, J. F., Casa, D. J., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M. (2008). The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 2036-2044.