

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia

Programa de Pós-Graduação em Educação Física



TESE DE DOUTORADO

Impacto do HIIT-multimodal no desempenho físico de atletas de futebol juvenil

Rousseau Silva da Veiga

Pelotas, 2024

Rousseau Silva da Veiga

Impacto do HIIT-multimodal no desempenho físico de atletas de futebol juvenil

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, da Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo dos Santos Pinheiro

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

V426i Veiga, Rousseau Silva da

Impacto do HIIT-multimodal no desempenho físico de atletas de futebol juvenil [recurso eletrônico] / Rousseau Silva da Veiga ; Eraldo dos Santos Pinheiro, orientador. — Pelotas, 2024.

95 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Treinamento físico. 2. Esportes de equipe. 3. Performance esportiva. 4. Treinamento de força. I. Pinheiro, Eraldo dos Santos, orient. II. Título.

CDD 796

Rousseau Silva da Veiga

Impacto do HIIT-multimodal no desempenho físico de atletas de futebol juvenil

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Educação Física, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 19/11/2024

Banca examinadora:

Prof. Dr. Eraldo dos Santos Pinheiro (orientador)

Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore (PPGCMH/UFRGS)

Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Gustavo Dias Ferreira (PPGEF/UFPel)

Doutor em Fisiologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Marcelo Cozzensa da Silva (PPGEF/UFPel)

Doutor em Epidemiologia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Gabriel Gustavo Bergmann (suplente)

Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Dedico este trabalho às memórias de Helen,
Nicole, Angel, Samuel, Vitor, João, Ricardo,
Henry e Oguener.
Meus amigos do Remar Para o Futuro.**

Ao meu irmão Juan.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Eraldo Pinheiro, pela atenção com minha formação acadêmica e pela dedicação que teve em contribuir para que eu pudesse me desenvolver em aspectos que vão muito além deste produto gerado. É uma honra ser "filho do Eraldo". Obrigado por ser minha maior referência.

Ao professor Fabrício Boscolo, que foi fundamental na minha formação nos últimos 9 anos. Obrigado por me acompanhar de perto e por me acalmar quando foi necessário. Não tenho palavras para expressar o impacto que tu teve na minha formação.

À minha mãe, Sandra, por ser meu maior exemplo e motivação, e por me dar todo o suporte que eu precisava fora da universidade. Tu és fundamental. Te amo.

À minha turma, La, Aline, Márcio e Miguel, por entender e me trazer tranquilidade nos momentos em que ela me faltou e eu não soube dizer. Amo vocês.

À minha mãe de coração, Mara Lúcia, que foi a minha principal motivadora para me manter na vida acadêmica. Obrigado por todo amor, carinho e cuidado.

À minha amiga e colega, Camila Borges, por toda parceria nos últimos 8 anos. Eu tenho certeza de que só cheguei aqui devido à parceria sólida que construímos.

Aos amigos e colegas de LEECol e GEPETED, por todo o suporte durante o processo de coleta de dados.

Por último, mas não menos importante, agradeço aos meus atletas do Esporte Clube Pelotas. Obrigado por dividirem comigo os dias, as viagens e os sonhos de vocês. Me torno uma pessoa melhor a cada encontro que temos. Que possamos compartilhar ainda mais momentos de alegria. Vocês são massa demais!

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

Resumo

O objetivo do presente estudo foi quantificar o impacto do HIIT-multimodal (HIIT-MM) no desempenho físico de atletas de futebol. Para isso, primeiramente, foi apresentada à comunidade científica a revisão bibliográfica da presente tese, em formato de revisão narrativa, que tinha como objetivo reforçar a conceituação de cargas mistas, bem como explicar sobre sua aplicação no esporte. Posteriormente, foi conduzido um segundo estudo, que se tratou de uma pesquisa com característica experimental. Desse modo, 27 atletas de futebol juvenil foram randomizados em grupo HIIT-MM_{sub} (n=14) e HIIT-MM_{max} (n=13), e foram expostos a 14 semanas de treinamento, onde o primeiro grupo realizou protocolo de HIIT-MM com estímulos de força submáximos e o segundo esforços máximos. Durante a linha de base, na semana 7 e após intervenção, foram medidas variáveis antropométricas (massa e gordura corporal), além do desempenho físico por meio de medidas resistência aeróbia máxima (RAM), consumo máximo de oxigênio (VO₂max), velocidade em sprint de 10 (S10) e 20 m (S20), squat jump (SJ), countermovement jump (CMJ), potência de membros inferiores (PMI) e força dinâmica máxima nos testes de supino, agachamento e levantamento-terra. Para a inferência entre grupos, o valor estatístico adotado foi de 5%. Como resultados, em ambos os grupos, não foram observadas diferenças estatísticas nas variáveis antropométricas ($p > 0,05$). Por outro lado, os dois grupos apresentaram melhoras significativas após 14 semanas de treinamento nas variáveis de RAM, VO₂max, SJ, CMJ, PMI, supino, agachamento e levantamento terra ($p < 0,001$), sem diferenças entre os grupos ($p > 0,05$). Porém, apenas no grupo HIIT-MM_{sub} foram identificados incrementos de desempenho significativo no VO₂max, S10, S20 entre as semanas 7 e 14. Desse modo, a presente tese conclui que o HIIT-MM, seja realizado com cargas submáximas ou moderadas, em um período de 14 semanas, foi capaz de gerar sem distinção, o desempenho na aptidão cardiorrespiratória, velocidade, altura de salto, potência de membros inferiores e força dinâmica máxima. Entretanto, apenas o grupo HIIT-MM_{sub} foi capaz de proporcionar melhoras no VO₂max e velocidade entre a semana 7 e 14.

Palavras-chave: treinamento físico, performance, treinamento de força, atletas jovens.

Abstract

The aim of this study was to quantify the impact of multimodal HIIT (HIIT-MM) on the physical performance of soccer players. To this end, the literature review of this thesis was first presented to the scientific community in a narrative review format, which aimed to reinforce the conceptualization of mixed loads and explain their application in sports. Subsequently, a second study was conducted, which was an experimental study. Thus, 27 youth soccer players were randomized into a HIIT-MM_{sub} (n=14) and HIIT-MM_{max} (n=13) group and were exposed to 14 weeks of training, where the first group performed a HIIT-MM protocol with submaximal strength stimuli and the second group performed maximal efforts. During the baseline, at week 7 and after the intervention, anthropometric variables (body mass and fat) were measured, in addition to physical performance through measures of maximum aerobic endurance (RAM), maximum oxygen consumption (VO₂max), sprint speed of 10 (S10) and 20 m (S20), squat jump (SJ), countermovement jump (CMJ), lower limb power (LMP) and maximum dynamic strength in the bench press, squat and deadlift tests. For inference between groups, the statistical value adopted was 5%.. As a result, in both groups, no statistical differences were observed in the anthropometric variables ($p > 0.05$). On the other hand, both groups showed significant improvements after 14 weeks of training in the variables of RAM, VO₂max, SJ, CMJ, LMP, bench press, squat and deadlift ($p < 0.001$), with no differences between the groups ($p > 0.05$). However, only in the HIIT-MM_{sub} group were significant performance increases identified in VO₂max, S10, S20 between weeks 7 and 14. Thus, the present thesis concludes that HIIT-MM, whether performed with submaximal or moderate loads, in a period of 14 weeks, was able to generate, without distinction, performance in cardiorespiratory fitness, speed, jump height, lower limb power and maximum dynamic strength. However, only the HIIT-MM_{sub} group was able to provide improvements in VO₂max and speed between weeks 7 and 14.

Keywords: physical training, performance, strength training, youth athletes.

SUMÁRIO

1 Projeto de pesquisa	7
2 Relatório de campo	47
3 Artigo original da tese.....	50
4 Considerações finais	72
5 Fechamento da tese	74
6 Produtos secundários	76

1 PROJETO APROVADO

Rousseau Silva da Veiga

Impacto do HIIT-multimodal no desempenho físico de atletas de futebol juvenil

Projeto de tese aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Educação Física, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 12/09/2023

Banca examinadora:

Prof. Dr. Eraldo dos Santos Pinheiro (orientador)

Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore (PPGCMH/UFRGS)

Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Dr. Fabiano de Souza Fonseca

Doutor em Ciências do Esporte pela Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Gustavo Dias Ferreira (PPGEF/UFPel) (suplente)

Doutor em Fisiologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

1 INTRODUÇÃO

O futebol é uma modalidade esportiva coletiva, que tem como uma das principais características a natureza intermitente, devido à alternância de esforços de alta e baixa intensidade (Silva, 2022; Gualtieri et al., 2023; Thoseby et al., 2023). Devido aos esforços intermitentes de alta intensidade, realizados de modo acíclicos, o futebol apresenta predominância energética aeróbia, relevante para períodos de ressíntese de fosfocreatina (PCr) e para compor o aporte energético das ações ao decorrer do jogo, sendo complementado pelo metabolismo anaeróbio (lático e alático), visto a sua participação fundamental em ações de alta intensidade, como a realização de um contra-ataque (Hwang et al., 2022). Destacam-se, portanto, como variáveis da aptidão física essenciais para o desempenho competitivo, as quais são integradas, mas podem ser pedagogicamente divididas em componentes metabólicos, como potência aeróbia e capacidade anaeróbia, e componentes neuromusculares, como resistência muscular, força e potência (Hostrup & Bangsbo et al., 2023).

Ainda, de modo associado, como ferramenta possível para que o desenvolvimento de maneira sistemática das variáveis supracitadas seja alcançado, aponta-se os exercícios intervalados de alta intensidade (HIIT) (Kunz et al., 2022; Boraczyński et al., 2022). O HIIT consiste na execução de exercícios com intensidade acima do limiar anaeróbio, alternados com períodos de recuperação ativa ou passiva (Laursen, 2010; Müller et al., 2021). Além disso, pode ser estruturado com esforços de curta (<45s) ou longa (2-4 min) duração (Buchheit & Laursen, 2013a; 2013b), variando de acordo com os resultados pretendidos pelo planejamento. Este modelo de esforço é eficaz para aprimorar o desempenho aeróbio e anaeróbio em um curto período de tempo (Dulsky et al., 2023), além de proporcionar uma série de benefícios fisiológicos, como diminuição da tolerância à glicose (Cockcroft et al., 2019) e aprimoramento do sistema cardiovascular (Buchheit & Laursen, 2013a).

No cenário atual, apesar do HIIT estar entre as tendências mundiais (Kercher & Martinez, 2023) e das fortes evidências encontradas na literatura sobre os ajustes e benefícios metabólicos decorrentes da sua prática, há quantidade reduzida de evidências científicas que relatam os efeitos desse modelo de treino na

força muscular (Buckley et al., 2015; Androulakis-Korakakis et al., 2018; Ben-Zeev & Okun, 2021), que é uma das valências físicas mais importantes no cotidiano de atletas de futebol (Thomakos et al., 2023). Porém, as informações disponíveis ainda são adversas. Segundo Astorino et al. (2012), o HIIT não apresenta impacto significativo nos indicadores de força muscular. Sendo assim, a inclusão de um programa de treino de força envolvendo grandes grupos musculares de modo complementar a um programa de HIIT poderia ser oportuno para otimizar também a função muscular, como sugerido por McRae et al., (2012); contudo, a demanda de tempo poderia influenciar demasiadamente na adesão dos praticantes, o que tem elevado o interesse de diferentes grupos de pesquisa e treinadores aos programas de treinamento que integram diferentes capacidades físicas (Buckley et al., 2015; Brown et al., 2018).

Tradicionalmente, o HIIT é realizado com exercício único, no entanto, uma variação emergente, denominada HIIT-multimodal (HIIT-MM), integra diferentes modelos de exercícios no mesmo período de esforço (Buckley et al., 2015; Mang et al., 2023). Este modelo de esforço é composto por diferentes estímulos cíclicos em alta intensidade, juntamente com exercícios resistidos, que são realizados de forma sequencial, podendo sua realização se dar de forma contínua (Myers et al., 2015) ou intervalada (Brown et al., 2018; Sharp et al., 2022) e visam ao aumento de resistência, força e aprimoramento de parâmetros metabólicos. Buckley et al. (2015) conduziram estudo com aplicação do HIIT-MM, o qual foi comparado ao HIIT tradicional, realizado em remoergômetro. O protocolo de HIIT-MM, aplicado em mulheres ativas, era constituído de 6 estímulos *all-out* (máxima velocidade) com duração de 1 min e intervalos passivos de 3 min entre esforços. O protocolo de esforço incorporava exercício força e de condicionamento dentro da mesma sessão de treino e visava combinar os múltiplos benefícios dos estímulos proporcionados, já que o HIIT tradicional utiliza um mesmo modelo de esforço (unimodal) durante toda a sessão. Após a apresentação dos resultados, os autores do estudo em questão concluíram que, em ambos os protocolos, os benefícios aeróbios e anaeróbios foram semelhantes, contudo, o grupo que fez uso do HIIT-MM também apresentou aumento significativo em força muscular, potência e resistência muscular.

Apesar do aumento na quantidade de estudos sobre os impactos do HIIT realizado de modo unimodal em variáveis antropométricas (GREEN et al., 2022) e de desempenho físico (Arslan et al., 2022; D'Alleva et al., 2023), a literatura científica carece de aprofundamento de dados acerca do HIIT-MM, uma vez que este modelo de treinamento é relativamente recente no âmbito acadêmico (Buckley et al., 2015; Brown et al., 2018; Rengers et al., 2021; MANG et al., 2022), o que acaba acarretando em informações metodológicas limitadas.

1.1 Justificativa

Este documento tratará de um método de treinamento emergente, e que apresenta grande potencial para a otimização do treinamento em modalidades coletivas devido a otimização de tempo e baixo custo de aplicação. Ainda, é amplamente conhecido que o ponto inicial de todo e qualquer processo de aprimoramento de capacidades físicas é baseado na compreensão prévia dos desdobramentos oriundos dos métodos de treinamento empregados, o que ainda não é sólido quando se trata de HIIT-MM. Ademais, até onde abrange nossa busca, quando pensado no futebol de modo isolado, é possível encontrarmos documentos que apresentam em seus delineamentos protocolos que fazem aplicação de cargas mistas. Por outro lado, pouco se sabe sobre os efeitos do HIIT-MM na modalidade, principalmente tratando de categorias juvenis, ao passo que os trabalhos disponíveis que se aproximam desse modelo de esforço tinham amostras composta por mulheres (Buckley et al., 2015; Brown et al., 2018) e homens não atletas (Mang et al., 2022), o que pode comprometer a validade externa dos achados, uma vez que as demandas físicas observadas, e necessárias em outras investigações, são diferentes das que são requeridas pela amostra do presente estudo. Ademais, considerando que existem informações robustas sobre o HIIT realizado de forma tradicional (Boraczyński et al., 2022), torna-se importante aprofundar o conhecimento referente à especificidade de novos modelos de esforço intermitente, a fim de refutar ou confirmar a possibilidade de implementação dos mesmos para o futebol. Outro ponto importante é o avanço acerca de protocolos de HIIT-MM com o implemento de diferentes cargas externas a serem manipuladas. Além disso, confrontar informações acerca do HIIT-MM parece ser relevante, visto que, ao que parece, existem benefícios adicionais quando a combinação de estímulos está

inserida na estruturação da sessão, como aumento da força, potência e resistência (Buckley et al., 2015; Mang et al., 2022).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo é quantificar o impacto do HIIT-multimodal no desempenho físico de atletas de futebol.

1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, esse documento tem:

- i) Quantificar os efeitos fisiológicos agudos do HIIT-MM;
- ii) Identificar se existem diferenças no desempenho físico entre protocolos de HIIT-MM que empregam estímulos de força com cargas máximas e cargas moderadas;
- iii) Verificar de modo crônico o impacto de um programa de HIIT-MM no desempenho de jovens atletas;
- iv) Medir o impacto do destreinamento após a temporada regular.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Treinamento físico no futebol*

No Brasil, o futebol é uma modalidade esportiva amplamente difundida e praticada, acarretando o envolvimento de crianças e adultos, seja na prática escolar (Wang et al., 2023), recreacional (Milanovic et al., 2015), ou visando alto nível de performance (Boraczyński et al., 2022; Thomakos et al., 2023). Com isso, ao longo do tempo, o país se tornou um exportador de talentos, colocando-se entre os países com os maiores números de negociações, e assim, tendo os atletas brasileiros disputando e sendo destaques nas ligas mais competitivas e prestigiadas ao redor do mundo (Loturco et al., 2022). Porém, até que isso aconteça, existe um processo a ser seguido, que visa o aprimoramento de capacidades técnicas, táticas e físicas (De Dios-Álvarez et al., 2021; Luo et al., 2022; Lechner et al., 2023).

O treinamento físico aplicado ao futebol segue uma sistematização distinta entre clubes, uma vez que o calendário e intervalo entre jogos apresentam diferenças, que se dá conforme a divisão nacional e estadual disputada (Loturco et al., 2022). Assim, seja por necessidade ou estratégia, é comum identificar diferentes

métodos de treinamento nas rotinas das equipes, evidenciando os treinamento de pliometria (Loturco et al., 2017), velocidade (MATHIEU et al., 2022b; Jiménez-Reyes et al., 2022), força (Mcquilliam et al., 2022) e aptidão cardiorrespiratória (Arslan et al., 2022). Visto isso, sintetizar e documentar as informações acerca do desenvolvimento de força e condicionamento de atletas de futebol brasileiros, é algo extremamente complexo e dificultoso, uma vez que poucos profissionais externalizam suas práticas de rotina (Weldon et al., 2021). Esses dados são de extrema importância, uma vez que é interessante fornecer à comunidade internacional, bem como aos novos treinadores, um panorama, de como os atletas passam pelo processo de avaliação, de treinamento físico e de como é organizada a rotina de treinamentos (Loturco et al., 2022).

Acerca da pliometria, esta tende a se aparecer entre os treinos mais empregados nas sessões voltadas aos aspectos físicos aplicados ao futebol (Weldon et al., 2021; Loturco et al., 2022). Estudos prévios têm mostrado que a capacidade de salto é de extrema importância para a modalidade e apresenta forte correlação com outras capacidades físicas importantes, como velocidade (Coelho et al., 2011; Lin et al., 2023), força (Pereira et al., 2022) e potência de membros inferiores (Loturco et al., 2020). Assim, protocolos de treino que desenvolvam essa variável são as mais comuns rotinas de clubes brasileiros (Loturco et al., 2022) e do cenário internacional (Weldon et al., 2021). Em estudo de Weldon et al. (2021), foi proposto descrever as práticas contemporâneas de 45 profissionais que eram responsáveis pelo processo de desenvolvimento de força e condicionamento em clubes de futebol de elite de 18 países distintos. Na apresentação dos resultados, é salientado que todos os participantes incluem treinamento pliométrico em seus planejamentos, sendo 55% em fase de pré-temporada, 53% dentro da temporada competitiva e, deste total, 41% utilizavam durante o ano todo, tendo como as finalidades mais relatadas os ganhos de potência (87%) e aprimoramento de velocidade (81%), majoritariamente prescritos com saltos múltiplos (89%). Ademais, este tipo de treino, comumente, é realizado em sessões que incorporam cargas mistas, como o treinamento complexo (THAPA et al., 2021) e combinado (D'alleva et al., 2023; Thomakos et al., 2023).

Ainda, entre as capacidades físicas com maior frequência ao longo do processo de treinamento físico no futebol, evidencia-se a velocidade de corrida (Weldon et al., 2021; Loturco et al., 2022; Thoseby et al., 2023). Estudos mostram

que ações de extrema importância durante a partida ocorrem em paralelo com essa valência, como ações de ataque, contra-ataque, além de transições ofensivas e defensivas (Fernandez-Navarro et al., 2016). Algo que deve ser chamado a atenção é que, seja no cenário nacional ou internacional, a velocidade de corrida tende a ser aprimorada, preferencialmente, por meio do treinamento pliométrico, seguido de pelo treinamento de velocidade de corrida realizado de modo específico (Weldon et al., 2021; Loturco et al., 2022). Este fato parece estar fortemente atrelado à grande frequência das atividades que envolvem esforços pliométricos, uma vez que estes são inseridos nos treinos de potência de membros inferiores e velocidade (Turner et al., 2014; Lechner et al., 2023).

Em estudo conduzido por Loturco et al. (2022), foi proposto caracterizar as práticas de força e condicionamento nos planejamentos de 49 preparadores físicos brasileiros (idade: $40,4 \pm 7,5$ anos, experiência profissional: $15,3 \pm 7,5$ anos). Nos resultados sobre frequência de treinos presentes nos planejamentos semanais, destacou-se a pliometria (76%), sendo que 86% desses preparadores físicos reportam como principal motivo para empregar exercícios pliométricos o aprimoramento da velocidade, que ocorre por meio de transferência devido à relação forte que existe entre as capacidades físicas de salto e corrida (Loturco et al., 2015). Sobre os treinos de força e potência, foi apresentado que 94% dos profissionais envolvidos não seguem um modelo de periodização previamente estabelecido, realizando ajustes constantes nos treinos, e apenas 6% seguem um planejamento fixo, independente da variação no estado de prontidão dos atletas ou agenda a ser cumprida. Ainda, é descrito que os treinos de força são prescritos, na maioria (80%), entre 2 e 3 sessões ao longo da semana, sendo que 69% dos preparadores físicos entrevistados reportaram que estes encontros são conciliados com o treinamento específico da modalidade, o que é compreensível, considerando a alta demanda de atividades a serem realizadas semanalmente (Turner et al., 2014).

Acerca dos intervalos entre as sessões de treinamento voltadas para força e condicionamento, estudos reportam que períodos prolongados (36h e 48h) tendem a ser priorizados, quando comparados a períodos menores (12h e 24h) (Loturco et al., 2022). Ressalta-se que, diversos fatores são considerados para que o espaçamento entre sessões de treino sejam estabelecidos, como a alta demanda física exigida durante o jogo de futebol (Akyildiz et al., 2022; Silva et al., 2022),

quantidade e qualidade de sono (Yabroudi et al., 2021; Costa et al., 2023), bem como o tempo de viagem que é realizada, que podem demandar horas, considerando a dimensão intercontinental do território brasileiro e o tráfego, seja terrestre ou aéreo (Barreira, 2018).

Estes apontamentos mostram que, apesar de todas as diferenças e similitudes que existem nos planejamentos e rotinas das equipes, o aprimoramento das capacidades físicas é tema tratado com extrema importância dentro do futebol. Uma vez compreendida essa necessidade, faz-se oportuno que a ciência do esporte avance no sentido de proporcionar aos treinadores o entendimento sobre diferentes métodos de treinamento, oportunizando que as sessões de treinamento sejam estruturadas com qualidade, contemplando as diferentes necessidades existentes na modalidade esportiva em questão.

2.2 Treinamento físico com cargas mistas no esporte

O desempenho físico nas modalidades esportivas é produto de uma série de combinações entre esforços de predominância metabólicas e neuromusculares (Silva et al., 2022). Com o avanço dos anos, muitas estratégias foram pensadas visando esse incremento de performance, com ênfase naquelas que envolvem o treinamento resistido, visto sua importância para o aprimoramento de capacidades físicas como força e potência muscular (Suchomel et al., 2018). Todavia, outras possibilidades têm surgido e ganhando apelo entre pesquisadores e treinadores devido ao seu alto potencial (Loturco et al., 2017).

Métodos de treinamento que fazem aplicação de cargas mistas durante seu período de esforço vêm sendo cada vez mais empregados nas modalidades esportivas coletivas, tendo seus primeiros documentos reportados ainda no século passado (Kang et al., 2022; Michailidis et al., 2023). O conceito de carga mista é pautado na combinação de diferentes capacidades físicas onde, em determinado momento do período de esforço há uma alteração da valência enfatizada (Loturco et al., 2017). Estudos prévios têm mostrado que, com a aplicação dessas cargas, é possível se apropriar dos benefícios de diferentes treinamentos, desenvolvendo capacidades físicas distintas durante a mesma sessão de treino (Loturco et al., 2017), o que parece ser interessante, uma vez que permite que os atletas façam treinos com alta qualidade, sem que haja investimento de tempo demasiado (Buckley et al., 2015). Todavia, considerando que as modalidades esportivas

coletivas apresentam suas distinções e necessidades, essas cargas apresentam diferentes organizações, o que acarreta em diferentes resultados, fazendo com que a seleção dos exercícios realizados exerça um papel fundamental nesse processo (Falces-Prieto et al., 2021).

Em estudo recente, liderado por Scott et al., (2023), visava comparar o impacto do treinamento de resistência variável com o treinamento complexo durante a temporada regular. Para tal, foram envolvidos 24 atletas de rugby league do sexo masculino, que eram alocados em 3 grupos distintos: treinamento com resistência variável (TRV; N = 8); treinamento complexo (TC; N=8) e; grupo controle (C; N= 8). Os grupos experimentais completaram um período de 6 semanas (2x/semana) de treinamento, que consistia na combinação de exercícios resistidos com cargas altas e pliometria na mesma sessão. O grupo TRV realizou exercícios resistidos a 70% de 1 repetição máxima (1RM) e tinha uma variação de carga de até 23% da carga, com 1 min e 30 seg de recuperação; enquanto o grupo TC executava esforços com 93% de 1 RM, com intervalo de 4 min entre séries. Força no agachamento, potência de membros inferiores, índice de força reativa e tempos de sprint foram avaliados pré e pós-treinamento. Como resultados, foi reportado que ambos os protocolos incrementaram as variáveis de força no agachamento, potência de membros inferiores e velocidade no tempo de sprint 5m, tendo os tempos de 10 e 20m terem melhorado no grupo TC. Esses resultados reforçam a aplicabilidade da combinação de esforços para o rugby league como um instrumento para aprimoramento para as variáveis de velocidade, força e potência, mesmo que durante a temporada regular.

Em metanálise conduzida por Kang et al. (2022), foram sintetizados os resultados de 7 estudos que investigaram os efeitos do treinamento concorrente comparado ao HIIT e do treinamento de força tradicional em atletas de modalidades esportivas coletivas. Como resultados, é mostrado que tanto o treinamento concorrente quanto o treinamento de força tradicional foram capazes de desenvolver a potência de membros inferiores, sem diferença estatística entre métodos de treino. Porém, o treinamento concorrente teve um efeito significativo no desenvolvimento da força de membros inferiores. Ainda, esta metanálise concluiu que o treinamento de força tradicional, quando combinado ao HIIT, não apresenta efeito de interferência na aptidão física. Todavia, a quantidade de estudos incluídos, e que tinham a capacidade aeróbia como desfecho, eram insuficientes para que uma estatística de inferência fosse realizada, fazendo com que tal afirmação não

seja suportada pelo documento em questão. Assim, esses dados reforçam a necessidade de aprofundamento do conhecimento acerca da combinação de esforços com predominância aeróbia e neuromuscular, aplicados às modalidades esportivas coletivas.

2.3 Aplicação de cargas mistas no futebol

A aplicação de cargas mistas ao aplicado ao futebol consiste na combinação de estímulos distintos durante as sessões de treinamento, com o objetivo de desenvolver diferentes capacidades físicas de modo concomitante (Loturco et al., 2017). Este tipo de metodologia é solidamente reportada na literatura, apresentada à comunidade acadêmica em diferentes métodos de treino e organização (Falces-Prieto et al., 2021; Thapa et al., 2021; Kang et al., 2022).

Em investigação conduzida por Loturco et al. (2017), que buscou identificar os efeitos do treinamento de sprints resistidos e de pliometria quando combinados com treinamento resistido empregando carga ótima, em 18 atletas de futebol profissional que foram alocados em dois grupos: treinamento resistido + pliometria (OPL + RS; n=7) e treinamento resistido + pliometria (OPL + PL; n=11). Como resultados, foram reportados que houve incrementos nas variáveis de SJ, CMJ e salto horizontal para o grupo OPL + PL, enquanto melhoras significativas no teste de velocidade com mudança de direção (zigue-zague), velocidade linear de 5, 10, 20 e 30m (com e sem sobrecarga), foram apresentadas nos dois grupos de treinamento em questão. Esses achados exaltam a possibilidade de aplicação de cargas mistas envolvendo treinamento resistido, sprints repetidos e pliometria para aprimoramento de diferentes capacidades físicas. Outro ponto interessante acerca do documento em questão, é que ambos os treinamentos parecem gerar impacto positivo em diferentes distâncias, o que de fato pode otimizar o processo de treinamento de atletas de elite.

Em estudo liderado por Michailidis et al. (2023), foi verificado o efeito do treinamento pliométrico combinado à exercícios de velocidade com mudança de direção. Para tal, foram envolvidos 20 jovens atletas de futebol da categoria sub-17, randomizados em grupo controle (CON; N=9), que realizava apenas o treino específico da modalidade, e grupo intervenção (INT; N=11), que também realizava o treino específico e, de modo complementar, o treinamento combinado com pliometria e velocidade com mudança de direção por um período de 6 semanas.

Entre os resultados, é apontado que a mudança de direção medida através dos testes 505 e Illinois foram aprimorados apenas no grupo INT. Porém, as variáveis de velocidade linear (10m e 30m) e salto (CMJ) não apresentaram diferenças estatísticas, que segundo os autores, teve pode ter sido impactado devido ao baixo volume do bloco de esforço pliométrico proposto. Estes dados apoiam a aplicabilidade de métodos de cargas mistas, mas reforçam a necessidade da manipulação adequada das variáveis organizacionais.

Como mencionado anteriormente, durante a prática do futebol são requisitadas diferentes capacidades físicas, executadas em alta intensidade e de modo intermitente, o que exalta a necessidade de relação entre elas (Pereira et al., 2022; Akyildiz et al., 2022). Assim, protocolos de treinamento que implementam diferentes valências físicas, de modo intervalado e alta intensidade, podem contemplar a necessidade da modalidade.

2.4 Treinamento intervalado de alta intensidade multimodal

O HIIT se tornou um método de treinamento com forte apelo no esporte devido à sua eficiência na promoção de adaptações positivas no componente cardiorrespiratório e ao seu potencial de otimização do tempo de treinamento (Sun et al., 2024). De modo tradicional, o HIIT é estruturado com períodos de exercício realizados com intensidade acima do limiar anaeróbio, intercalados com momentos de recuperação ativa ou passiva (Veiga et al., 2024). No entanto, as abordagens mais recentes têm variações exploradas do método, como o HIIT-MM, que integra diferentes manifestações físicas dentro de um mesmo bloco de esforço, acarretando em aprimoramento em diferentes capacidades físicas (Brown et al., 2018).

O emprego do HIIT-MM em planejamentos voltados às modalidades esportivas coletivas pode ser uma estratégia oportuna, uma vez considerada a necessidade de desenvolver diversas valências físicas de maneira concomitante, sem comprometer a especificidade do treinamento esportivo (Veiga et al. 2024). No âmbito do futebol, por exemplo, os atletas precisam de níveis elevados de força, potência, velocidade e resistência aeróbia (Hostrup & Bangsbo, 2023). Desse modo, o método supracitado pode atender a essas exigências devido ao estresse alternativo que mobiliza diferentes sistemas energéticos e grupos musculares, promovendo uma sobrecarga integrada e maximizando as adaptações fisiológicas

em curto período de tempo, colaborando com a rotina de equipes com temporadas competitivas fortemente congestionadas (Gualtieri et al., 2023).

A ciência do esportes vem apresentando que os protocolos de HIIT-MM podem apresentar adaptações superiores em comparação ao HIIT tradicional em determinadas capacidades físicas (Brown et al., 2018). Em investigação conduzida por Buckley et al. (2015), foram envolvidas 28 mulheres recreacionalmente ativas em processo de treinamento com 6 semanas de duração. A componentes da amostra alocadas em dois grupos distintos: ROW-HIIT, que realizava esforços exclusivamente em remoergômetro, e HIIT-MM, que realizava esforços de força, resistência muscular e metabólica dentro do mesmo bloco, sendo ambos os grupos com a estruturação da sessão composta por 6x 1 min *all-out* : 3 min de repouso passivo. Ao final do estudo, o grupo de pesquisadores reportou não ter sido encontrada diferença estatisticamente significativa entre os grupos na aptidão cardiorrespiratória. Porém, nas variáveis de resistência e força muscular, o grupo HIIT-MM apresentou melhoras significativas em relação à linha de base e ao grupo que realizou HIIT no remoergômetro, evidenciando efeitos positivos da manipulação de cargas altas em alta velocidade. Posteriormente, esses resultados foram reforçados por Brown et al., (2018), que replicou a intervenção descrita acima, também comparando HIIT-MM com HIIT realizado em remoergômetro, porém diferenciando-se no tempo de intervenção, que teve duração de 12 semanas, e na escolha dos exercícios, uma vez que, apesar de seguir a mesma estrutura (6x 1 min *all-out* : 3 min de repouso passivo), os exercícios utilizados eram mudados a cada semana, diferentemente do estudo de Buckley et al., (2015), onde foram mantidos os mesmos esforços durante as 6 semanas de intervenção. Nos resultados, melhoras similares na aptidão cardiorrespiratória entre grupos foram descritas, todavia, o aprimoramento de potência, força e resistência muscular foi encontrado apenas no grupo que realizou HIIT-MM.

Considerando o contexto esportivo e sua aplicabilidade, estudo de Veiga et al. (2020) buscou comparar o impacto do HIIT-MM ao treinamento de força tradicionalmente realizado no futebol, que emprega cargas moderadas e alta velocidade de execução. Para tal, 20 atletas de futebol juvenil (n=20) foram alocados em dois grupos (grupo HIIT-MM e grupo TRAD) durante um período de 16 semanas de treinamento, com duas sessões semanais. Entre os resultados, foi demonstrado que ambos os grupos melhoraram o desempenho de força medida

através dos testes de supino, agachamento e levantamento-terra, todavia o grupo HIIT-MM apresentou ganhos superiores na potência de membros inferiores.

Frente ao exposto, acredita-se que o HIIT-MM pode se constituir como uma ferramenta interessante no cenário esportivo, considerando que as informações encontradas na literatura científica indicam que o modelo de esforço em questão pode gerar benefícios similares ao HIIT tradicional e ao treinamento de força, mas sem a necessidade da realização de sessões complementares. Do ponto de vista prático, possibilita que as sessões de treinamento físico ocorram de modo eficiente e sem alta demanda de tempo, viabilizando um foco maior em aspectos técnicos e táticos da modalidade.

2.5 Impacto do destreino

É amplamente difundido que o treinamento físico realizado de forma sistemática gera uma série de adaptações fisiológicas benéficas ao aumento da performance (Astorino et al., 2012; Ben-Zeev & Okun, 2021; Melchiorri et al., 2022; D'alleva et al., 2023). Ao longo do tempo, esse processo sofre ajustes a fim de fazer com que novas formas de estímulos possam contribuir na preservação dos ganhos físicos e fisiológicos já obtidos ou, até mesmo, um possível incremento dos mesmos (Cockcroft et al., 2019; Falk Neto et al., 2019; D'alleva et al., 2023). No esporte, especificamente, estudos têm apresentado de modo consistente o impacto da aplicação de diferentes métodos de treinamento (THAPA et al., 2021; MICHAILIDIS et al., 2023), organizações (Mcquilliam et al., 2022; Mathieu et al., 2022a), e desempenho em diferentes períodos da temporada competitiva (Silva, 2022). Todavia, existe uma fase de que acaba não recebendo tanta atenção, apesar de inevitavelmente estar presente no cotidiano esportivo.

A fase em questão, denominada como destreino, é conceituado como a interrupção total ou parcial das cargas de treinamento, acarretando em uma série de adaptações orgânicas que podem impactar diretamente a performance (Mujika & Padilla, 2000). Esse processo pode ocorrer de diferentes maneiras, sendo dividido em destreino curto (> 4 semanas) ou longo (< 4 semanas), sendo ambos encontrados frequentemente no treinamento, gerando efeitos distintos entre eles (Melchiorri et al., 2022; Loturco et al., 2023). Essa definição, ao menos para o futebol, parece ser interessante, visto que equipes desta modalidade podem ter

diferentes períodos com interrupção do treinamento, o que vai depender do calendário e nível competitivo da mesma (Abad et al., 2016).

Quando abordamos o destreino de curto prazo, apesar de existir um background considerável de evidências (Rodríguez-Fernández et al., 2018; Joo, 2022; Clemente et al., 2022; Loturco et al., 2023), as informações ainda não apresentam solidez, mas indicam que capacidades físicas como força, velocidade e potência podem não ser afetadas por curtos períodos com ausência de treinamento (Pritchard et al., 2018). Porém, parece que o mesmo não ocorre com o VO_{2max} , onde é observado que, mesmo em indivíduos altamente treinados, os valores dessa variável tendem a diminuir durante o destreino agudo, tendo um coeficiente de variação que pode oscilar entre 4% e 15% (Mujika & Padilla, 2000). Entretanto, ainda existem aspectos acerca destes apontamentos que requerem atenção, considerando que, segundo Mujika & Padilla (2000), indivíduos recentemente treinados demonstram diminuição desta variável em menor grau (3,6 a 6%) em períodos de 2 a 4 semanas subsequentes ao processo de treinamento, apresentando comportamento diferente conforme a população envolvida.

Em um dos estudos dirigidos por Abad et al. (2016), que tinha como objetivo investigar o efeito do destreino em uma equipe sub-17 de futebol, com rotina de treino de 2 encontros semanais (30-45 min/dia), verificou-se que esse período com interrupção de duas semanas no treinamento foi o suficiente para aumentar de forma significativa o percentual de gordura corporal (%GC), mas não o bastante para promover quedas estatisticamente significantes no squat jump (SJ) e no contramovimento jump (CMJ). Os autores do estudo supracitado sugeriram que os atletas investigados podem ter reduzido o gasto energético ou, até mesmo, aumentado o consumo calórico durante o período de destreino, o que poderia ter acarretado em alteração do balanço energético, resultando na modificação significativa da composição corporal dos envolvidos.

Recentemente, em pesquisa conduzida por Loturco et al. (2023), foi proposto quantificar o impacto de 4 semanas de destreino no desempenho neuromuscular de atletas masculinos de futebol. No documento, é abordada a discussão de como os pesquisadores e treinadores focam e superestimam a ausência de decréscimo na performance ao final desse período. Todavia, os resultados apresentam algumas informações interessantes, como por exemplo, melhora no pico de força em diferentes cargas e redução do déficit de força após o destreino. Esses dados são

de extrema relevância, do ponto de vista prático, uma vez que o déficit de força e capacidade de sprint estão fortemente associados, o que poderia gerar uma janela de treinamento altamente oportuna para o desenvolvimento de velocidade.

Deste modo, entende-se a que a compreensão inicial dos diferentes efeitos do treinamento a ser investigado no presente estudo (HIIT-MM) é necessária para o pleno entendimento do mesmo, considerando que este modelo de esforço é composto por cargas que não apresentam comportamento uniforme após o período de destreinamento, e isso deve ser ponderado no processo de planejamento e organização do calendário competitivo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipo de pesquisa e descrição das variáveis

Para que seja viável contemplar os objetivos específicos idealizados no presente projeto, haverá a necessidade da adoção de três tipos de delineamentos, que darão origem a diferentes documentos, como será apresentado no plano de publicações. O primeiro contará com uma abordagem transversal. Já o segundo, apresentará uma abordagem experimental. O terceiro e quarto objetivos específicos necessitarão do emprego de delineamento longitudinal. Como variáveis independentes, serão consideradas os modelos de treinamento físico aplicados. Como variáveis dependentes, serão consideradas aquelas relacionadas à antropometria, ao desempenho físico e aos parâmetros fisiológicos.

3.2 Aspectos éticos da pesquisa

Os princípios éticos deste estudo serão solidamente pautados na resolução CONFEF nº 056/2003, referente ao Código de Ética do Profissional de Educação Física (Resolução 251, 1997). O mesmo será encaminhado para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa local, visando a preservação ética transcórrer dessa pesquisa. Os riscos e benefícios do estudo serão apresentados a todos os jovens envolvidos, os quais deverão ler e assinar o termo de assentimento livre e esclarecido (TALE) para a continuidade de sua participação. O mesmo ocorrerá com seus responsáveis legais, que deverão ler e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

3.3 Descrição da amostra

A amostra será composta por jovens do sexo masculino, recrutados por meio de conveniência, com idades entre 15 e 16 anos, que compõem o plantel de uma equipe de futebol de nível estadual. Para inclusão no estudo, o sujeito deverá estar incluído no grupo há, no mínimo, 3 meses ininterruptos, bem como possuir assiduidade superior de 85% nos treinos do mês prévio à intervenção. Serão excluídos todos aqueles que, durante a anamnese inicial, apresentarem limitações funcionais decorrentes de lesão pregressa que impossibilite a realização dos exercícios, não completarem a bateria de avaliações, relatarem doenças cardiovasculares, metabólicas, respiratórias e outras doenças crônicas não-transmissíveis que impeçam sua participação no estudo.

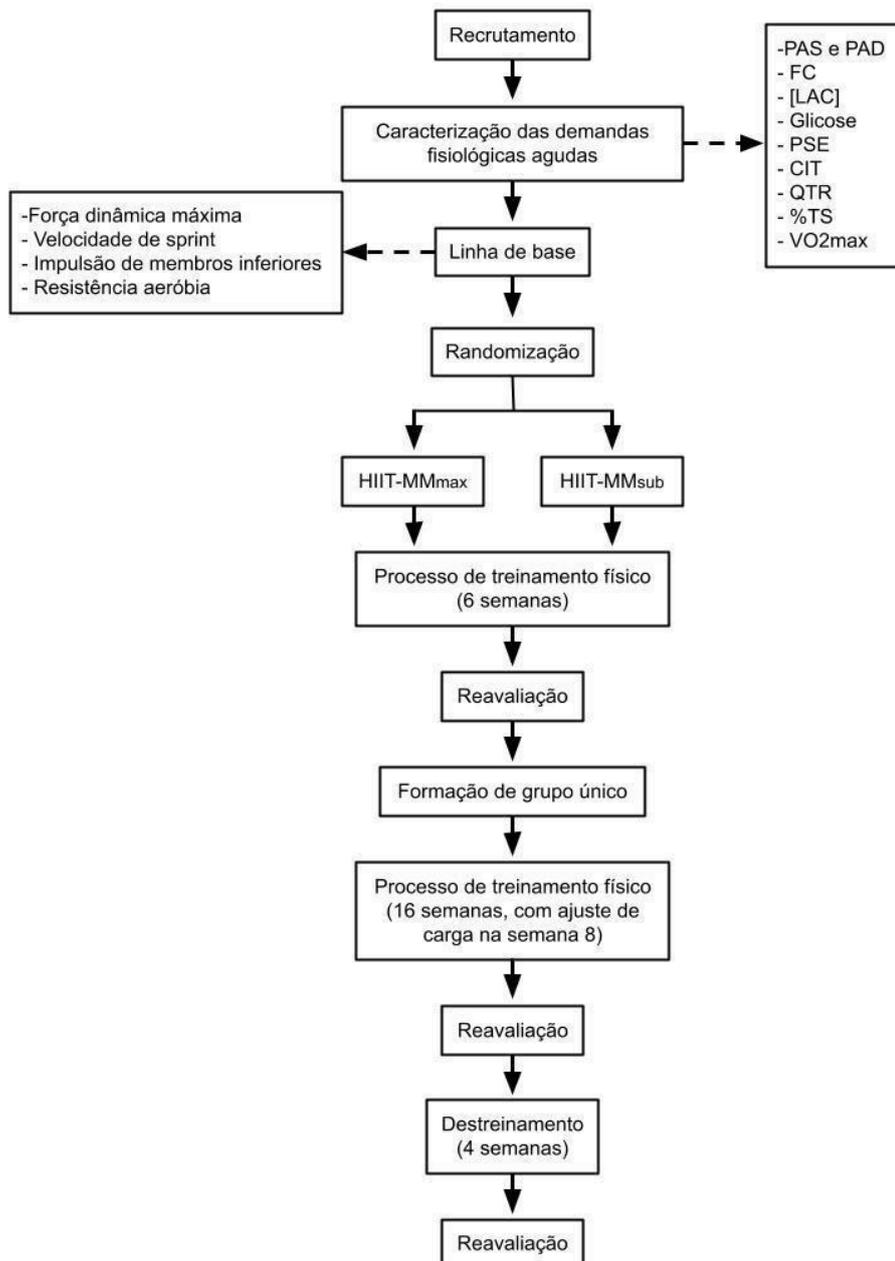
3.4 Abordagem experimental ao problema

Primeiramente, haverá o contato inicial com o clube, atletas e seus responsáveis, bem como o cumprimento dos aspectos éticos. Após isso, ocorrerá a avaliação inicial, que será composta por uma bateria de testes de desempenho físico e avaliação antropométrica. Na próxima fase, os participantes do estudo realizarão uma sessão de HIIT-MM a fim de quantificar o impacto fisiológico agudo do treinamento. Após isso, esses indivíduos serão randomizados em dois grupos distintos: i) grupo HIIT-MM_{max}, que realizará o protocolo com 4-6 repetições máximas quando executar os exercícios de força, e; ii) HIIT-MM_{sub}, que realizará as mesmas 4-6 repetições durante os estímulos de força, mas com 50-60% de 1RM. Esse processo terá duração de 6 semanas e será realizado durante a pré-temporada.

Na sequência, haverá uma nova avaliação antropométrica e de desempenho físico, com o intuito de identificar se houveram diferenças nas variáveis dependentes em questão e os diferentes protocolos aplicados. Uma vez verificado que existe superioridade de um protocolo frente a outro, este será empregado durante a temporada regular, que terá duração de 16 semanas com 2 encontros semanais (32 sessões). Já em caso em que não haja diferenças nas respostas de performance entre protocolos, aquele aplicado no grupo HIIT-MM_{sub} será considerado para aplicação na integralidade da amostra. Após as 16 semanas, o

grupo será reavaliado e, em seguida, haverá 4 semanas de recesso, buscando induzir o destreinamento de curto prazo, onde no final, haverá uma nova avaliação.

Figura 1 - Delineamento do estudo

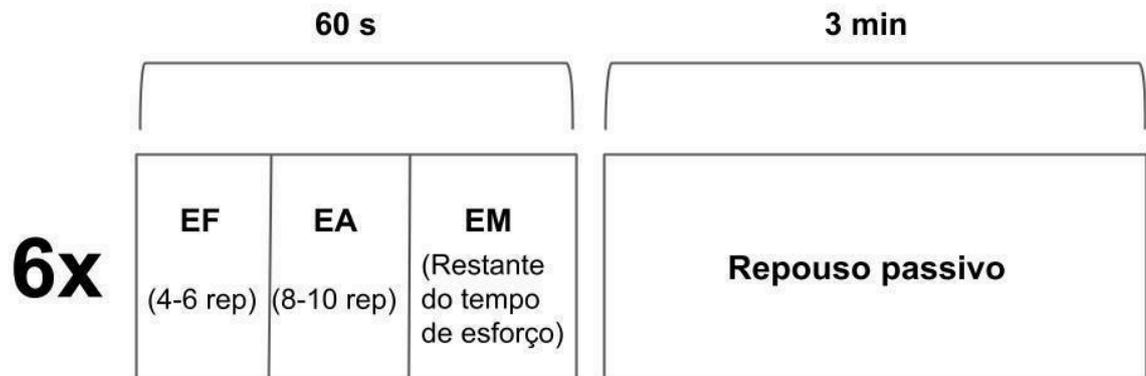


PAS = pressão arterial sistólica; PAD= pressão arterial diastólica; FC= frequência cardíaca; [LAC]= concentração de lactato sanguíneo; PSE= percepção subjetiva de esforço; CIT= carga interna de treinamento; QTR= qualidade total de recuperação; %TS= taxa de sudorese; VO2max= consumo máximo de oxigênio.

3.5 Protocolo HIIT-MM

Os participantes do estudo serão submetidos ao protocolo de HIIT-MM, que consistirá em 6 séries de 60 seg de estímulos *all-out*, com intervalos de 3 min entre elas. Durante o período de esforço, haverá a realização de três etapas: i) exercício de força (EF), com 4-6 repetições, para um segmento corporal; ii) 8-10 repetições de um exercício acessório (EA), para outro segmento corporal, e; iii) exercício que exija grande solicitação metabólica (EM), para o mesmo segmento corporal do EF, até o término dos 60 seg. Ressalta-se que, durante o período de intervenção, a estrutura da sessão não sofrerá alterações, seguindo como apresentamos na Figura 2. Todavia, durante o período de pré-temporada, apesar de apresentar a mesma estrutura, haverá diferença na carga manipulada entre HIIT-MM_{max} e HIIT-MM_{sub} durante o estímulo de força. O grupo HIIT-MM_{max} terá carga entre 90 e 100% de 1RM, enquanto o grupo HIIT-MM_{sub}, executará os esforços com uma faixa de 50 e 60% de 1RM.

Figura 2 - Delineamento protocolo HIIT-MM



EF= exercício de força; EA: exercício acessório; EM= exercício metabólico.

3.6 Procedimentos de coleta

3.6.1 Avaliação antropométrica

Para a quantificação da massa corporal, estatura e percentual de gordura corporal (%GC), os indivíduos deverão estar descalços, vestindo apenas o calção

padrão de treino, na posição ortostática com peso igualmente distribuído entre ambos os pés e cabeça posicionada em plano horizontal de Frankfurt (WHO, 1995). Já a medida da massa corporal, será feita com balança de plataforma (Filizolla®, Brasil), com precisão de 0,1 kg. Os valores referentes à estatura dos participantes, serão obtidos por meio de estadiômetro (Filizolla®, Brasil) com precisão de 0,1 cm. Para a aferição das dobras cutâneas será utilizado adipômetro com precisão de 0,1mm (Cescorf, Brasil) e, posteriormente, ocorrerá o emprego da equação de predição do %GC de 7 dobras (tricipital, subescapular, bicipital, axilar média, supra ilíaca, coxa, abdominal), proposta por Jackson e Pollock (Jackson et al., 1978).

3.6.2 Avaliação de desempenho físico

3.6.2.1 Força dinâmica máxima

Para a identificação desta variável, serão empregados testes de repetições máximas, utilizando protocolo de 10 repetições máximas (RM), em que serão seguidas as recomendações de Materko et al. (2007). Os exercícios adotados serão supino reto, levantamento-terra e agachamento. Previamente às tentativas, será realizado aquecimento específico, sendo 15 repetições de supino reto, 20 repetições de agachamento e 15 repetições de levantamento-terra, todos utilizando como carga externa apenas a barra de levantamento olímpico pesando 18 kg. Visando à padronização do encontro, serão adotadas as estratégias: i) aquecimento específico; ii) padronização da explicação dada aos sujeitos antes da realização do teste; iii) os sujeitos receberão as mesmas instruções quanto ao padrão de execução dos movimentos; iv) feedback e encorajamento extrínseco serão adotados durante a realização dos testes; v) as massas de anilhas, barras e halteres serão aferidas com balança de precisão e; vi) padronização da cadência excêntrica e concêntrica durante a realização do teste, sendo fixadas em 3 seg para cada fase. Todos os sujeitos terão, no máximo, cinco tentativas com intervalos entre 3 e 5 min entre cada uma delas (Materko et al., 2007; Fermino et al., 2008).

3.6.2.2 Velocidade de sprint

A velocidade máxima de sprint será medida por meio de dois testes de sprints linear, sendo o primeiro de 10m (S10) e o segundo de 20m (S20). Para tal feito, serão utilizadas fotocélulas (Multisprint, Hidrofit®), que estarão posicionadas

no campo a 0 e 10m e, posteriormente, 0 e 20m (reprodutibilidade teste-reteste com $r = 0,89$; MOIR et al., 2004). Serão ofertadas duas tentativas com intervalo 1 min entre elas, e será registrado o melhor apenas a melhor marca de desempenho.

3.6.2.3 Altura de salto

Para avaliação da altura de salto, serão utilizados o Squat Jump (SJ) e o Contramovimento Jump (CMJ). Em ambos os saltos, haverá a utilização de tapete de contato (Jump System®, Nova Odessa, Brazil). O SJ se dará a partir de uma flexão de joelho de 90° por três segundos e posterior salto vertical, enquanto o CMJ partirá da realização de um agachamento seguido de salto vertical. Tanto SJ, quanto CMJ, serão realizados descalços e com as mãos na cintura (teste de reprodutibilidade-reteste de $r = 0,93$; Markovic et al., 2004). Em ambos os saltos haverá duas tentativas, sendo contabilizado o maior resultado de cada um dos testes.

3.6.2.4 Potência de membros inferiores

Para a medida de potência de membros inferiores (PMI), haverá a utilização da melhor marca de desempenho do CMJ em conjunto com a equação preditiva: Potência (W) = $54.2 \times \text{altura de salto (cm)} + 34.4 \times \text{massa corporal (kg)} - 1520.4$, proposta por Gomez-Bruton et al. (2019), que exibe $r = 0,978$ quando comparada a outras 12 equações preditivas previamente validadas.

3.6.2.5 Resistência aeróbia máxima

Para a quantificação dos valores relacionados à resistência aeróbia, após aquecimento, será realizado o *Yo-Yo Intermittent Recovery level 1* ($r = 0,71$; Krstrup et al., 2013; Bangsbo et al., 2008). No teste, o indivíduo inicia uma série de deslocamentos em corrida de 20m, com a velocidade de 8 km/h, tendo o momento de partida e de chegada indicados por um metrônomo. Alcançada a marca dos 20 m, é realizado o retorno até a marca inicial, de maneira que também deve ser atingida no tempo exato do próximo sinal. A cada 40 m (ida e volta) há um período de recuperação de dez segundos e, após isso, o sujeito retoma o esforço. O intervalo entre os sinais é gradativamente diminuído, levando ao incremento da velocidade. O objetivo do teste é realizar o maior número de vezes o percurso

(Bangsbo et al., 2008). A avaliação é finalizada quando o indivíduo apresenta exaustão voluntária ou quando o não conseguir cumprir o trajeto por duas vezes no mesmo estágio. Ao final do procedimento, será somada a distância percorrida (m), sendo esse valor associado à resistência aeróbia. A estimativa do VO_{2max} se dará pela equação: $VO_{2max} = \text{distância percorrida} * 0.0084 + 36.4$ (Bangsbo et al., 2008).

3.6.3 Avaliação fisiológica

3.6.3.1 Pressão arterial

Para coleta da PAS e PAD, os participantes deverão estar sentados, e será usado esfigmomanômetro digital oscilométrico (Omrom®, modelo HEM-4030) em membro superior direito, o qual foi validado previamente (Belghazi, et al., 2007).

3.6.3.2 Frequência cardíaca

Para a viabilidade do registro dos dados acerca da FC, haverá emprego de monitor cardíaco (Polar®, H10, Kempele, Finlândia). No primeiro momento, para a obtenção da FC de repouso (FC_{rep}), será solicitado que os participantes permaneçam deitados por um período de 10 min e, ao final desse tempo, haverá a aferição da mesma. Durante o período de esforço, a FC será monitorada a fim de obter a FC média (FC_{med}), bem como a identificação da FC pico (FC_{pico}).

3.5.3.3 Lactato e glicose

A determinação da [LAC] e de valores referentes à glicose se dará por meio de coleta de 15 µL de sangue, proveniente de punção em polpa digital, previamente esterilizada com álcool à 70%, extraído para de tubo capilar heparinizado, os quais serão transportados para eppendorf junto à 30µL de ácido etilenodiamino tetra-acético para análise posterior. Durante o procedimento, serão utilizadas luvas de procedimento e lancetas descartáveis (Softclick®). Após, a amostra obtida deverá ser inquirida através de analisador eletroquímico Yellow Spring Instruments (2300 Sport, Ohio, EUA). Os resultados das duas variáveis são apresentados de forma concomitante pelo instrumento supracitado.

3.6.3.4 Percepção subjetiva de esforço

A PSE será aferida por meio do método sugerido por Foster et al. (2001), que consiste em uma escala de esforço percebido iniciada em 0 e terminada em 10, conforme apresenta a Figura 3, onde os participantes buscarão, de forma subjetiva, correlacionar seu esforço aos números equivalentes contidos na escala.

Figura 3- Escala de percepção subjetiva de esforço adaptada por Foster et al. (2001).

Classificação	Descrição
0	Repouso
1	Muito, muito fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um pouco difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito difícil
8	-
9	-
10	Máximo

3.6.3.5 Carga interna do treinamento

O método da PSE da sessão foi proposto por Foster et al. (2001), com intuito de quantificar a carga interna de treinamento (CIT). Para tal feito, é necessário que, trinta minutos após o término da sessão de treino, o atleta deve responder à seguinte indagação: “Como foi a sua sessão de treino?”. A resposta ao questionamento é fornecida a partir da escala de PSE, apresentada na Figura 3. O valor obtido deverá ser multiplicado pelo tempo total da sessão (em minutos), e o resultado será considerado como valor de CIT (Nakamura; Aoki, 2010).

3.6.3.6 Qualidade total de recuperação

Para a análise da qualidade total de recuperação (QTR), será utilizada a Escala de Qualidade Total de Recuperação, proposta por Kenttä & Hassmén (1998). O instrumento mencionado se trata de uma escala iniciada em 6 e terminada em 20. Para fim de facilitar a adaptação dos atletas, ocorrerá a adaptação da escala para seja similar ao instrumento utilizado na PSE, portanto iniciará em 0 e terminará em 10, indo de “em nada recuperado” até “totalmente recuperado”. No momento da sua utilização, serão solicitados a responder a uma indagação padronizada, a saber: “Como você se sente com relação à sua recuperação?”.

Figura 4- Escala qualidade total de recuperação adaptada de Kenttä & Hassmén (1998).

Taxa	Descrição
0	Nenhuma recuperação
1	Muito pouca recuperação
2	Pouca recuperação
3	Recuperação moderada
4	Boa recuperação
5	Muito boa recuperação
6	
7	Muito, muito boa recuperação
8	
9	
10	Totalmente recuperado

3.6.3.7 Taxa de sudorese

Para avaliação da taxa de sudorese (%TS), irá ser utilizada metodologia previamente validada (Perrela; Noriyuki; Rossi; 2005) e recomendada pela Diretriz do American College of Sports Medicine (ACSM) (Sawka et al. 2007), que consiste na pesagem imediatamente antes (peso inicial – Pi) e após (peso final – Pf) ao período de esforço. Uma vez obtidos os valores, é realizado o cálculo %TS através da fórmula: $TS = [(Pi - Pf) \times 1000] / \text{tempo total de atividade física}$ (Perrela; Noriyuki; Rossi; 2005). Nesta etapa da coleta, os participantes ficarão apenas de sunga,

evitando contabilizar um possível acúmulo de líquido nas roupas. Também haverá a disponibilidade de toalhas para remoção de líquidos que possam remanescer junto à pele.

3.6.3.8 Consumo de oxigênio

A análise das trocas gasosas para registro do VO_2 pico, ocorrerá com o analisador de gás VO2000 (Medgraphics™, Minnesota, EUA), previamente calibrado e validado (Kautza; Castello; Sothmann, 2004), em conjunto com o *software* Breeze, com pneumotacógrafo de fluxo alto, máscaras de neoprene™ tamanho médio, e registros dos valores médios a cada três ventilações.

3.7 Análise de dados

Para verificar a normalidade dos dados será utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Para análises descritivas das variáveis dependentes, em caso de normalidade assumida, serão utilizadas médias \pm desvio padrão. Para os dados crônicos com um único fator, ANOVA one-way será realizada. Já, quando pertinente, para comparação entre grupos e momentos, será realizada ANOVA two-way, com post-hoc de Bonferroni para identificar as diferenças significativas (momento, grupo, interação). Os valores estimados de tamanho de efeito (TE) serão calculados a partir do *d* de Cohen, adotando a classificação de magnitude trivial ($\leq 0,20 - 0,49$), moderado ($0,50 - 0,79$) e grande ($\geq 0,80$) (Durlak, 2009). Ainda, a variação percentual ($\Delta\%$) será calculada através equação: $\Delta\% = [(\text{valor final} - \text{valor inicial}) / \text{valor inicial}] \times 100$. O nível de significância estatística adotado será de $\alpha = 0,05$ e, para todas as análises, haverá a utilização do pacote estatístico SPSS 20.0.

5 ORÇAMENTO

Item	Valor unitário	Quantidade	Valor total
Estadiômetro*	RS 150,00	1 unid	RS 150,00
Balança digital*	RS 60,00	1 unid	RS 60,00
Plicometro#	R\$ 550,00	1 unid	R\$ 550,00
Kit multisprint*	R\$ 9.300,00	1 unid	R\$ 9.300,00
Caixa de som#	R\$ 200,00	1 unid	R\$ 200,00
Esfigmomanômetro#	R\$ 89,00	1 unid	R\$ 89,00
Monitor cardíaco#	R\$ 700,00	2 unid	R\$ 1.400,00
Computador#	R\$ 3.000,00	1 unid	R\$ 3.000,00
Analizador de lactato e glicose*	R\$ 35.000,00	1 unid	R\$ 35.000,00
Analizador de gás*	R\$ 26.000,00	1 unid	R\$ 26.000,00
Transporte	R\$ 30,00	46 dias	RS 1.380,00
Material de papelaria	R\$ 300,00	1 unid	R\$ 300,00
Lancetas descartáveis*	R\$ 50,00	1 caixa	R\$ 50,00
Luvas descartáveis*	R\$ 25,00	2 caixas	R\$ 50,00
Kit reagente YSI 2300*	R\$ 6.490,00	1 unid	R\$ 6.490,00
Rolo de algodão*	R\$ 25,00	1 unid	R\$ 25,00
VALOR TOTAL DO PROJETO = R\$ 84.024,00			
VALOR FINAL INVESTIDO PELOS PESQUISADORES = R\$ 1.680,00			

*Material previamente adquirido e catalogado pela ufpel.

Material previamente adquirido pelos pesquisadores.

7 PLANO DE PUBLICAÇÕES

ARTIGO 1:

Efeitos fisiológicos agudos do HIIT-multimodal em jovens atletas de futebol.

ARTIGO 2:

Comparação entre diferentes cargas externas na prática do HIIT-multimodal em fase de pré-temporada no futebol.

ARTIGO 3:

Impacto de 16 semanas de HIIT-multimodal no desempenho físico de jovens atletas de futebol e subsequente destreino de curto prazo.

6 REFERÊNCIAS

ABAD, C. et al. Efeito do destreinamento na composição corporal e nas capacidades de salto vertical e velocidade de jovens jogadores da elite do futebol brasileiro. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, v. 9, n. 3, p. 124-130, 2016.

AKYILDIZ, Zeki et al. Variations in the physical demands and technical performance of professional soccer teams over three consecutive seasons. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 2412, 2022.

ARSLAN, Ersan; ORER, Gamze; CLEMENTE, Filipe. Running-based high-intensity interval training vs. small-sided game training programs: effects on the physical performance, psychophysiological responses and technical skills in young soccer players. **Biology of Sport**, v. 37, n. 2, p. 165-173, 2020.

ASTORINO, Todd A. et al. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO₂max, and muscular force. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 1, p. 138-145, 2012.

BARREIRA, Júlia. Vantagem de jogar em casa no futebol feminino: uma análise de três importantes campeonatos no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 26, n. 3, p. 83-87, 2018.

BEN-ZEEV, Tavor; OKUN, Eitan. High-intensity functional training: Molecular mechanisms and benefits. **Neuromolecular Medicine**, v. 23, n. 3, p. 335-338, 2021.

BORACZYŃSKI, Michał T. et al. Effects of two low-volume high-intensity interval training protocols in professional soccer: sprint interval training versus small-sided games. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2022.

BROWN, Elise C. et al. The impact of different high-intensity interval training protocols on body composition and physical fitness in healthy young adult females. **BioResearch open access**, v. 7, n. 1, p. 177-185, 2018.

BUCHHEIT, Martin; LAURSEN, Paul B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. **Sports medicine**, v. 43, n. 5, p. 313-338, 2013.

BUCHHEIT, Martin; LAURSEN, Paul B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. **Sports medicine**, v. 43, n. 10, p. 927-954, 2013.

BUCKLEY, Stephanie et al. Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 11, p. 1157-1162, 2015.

COCKCROFT, Emma J. et al. The effects of two weeks of high-intensity interval training on fasting glucose, glucose tolerance and insulin resistance in adolescent boys: a pilot study. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 11, p. 1-9, 2019.

COELHO, Daniel Barbosa et al. Correlação entre o desempenho de jogadores de futebol no teste de sprint de 30m e no teste de salto vertical. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 17, p. 63-70, 2011.

COSTA, Júlio A. et al. Comparing Sleep in Shared and Individual Rooms During Training Camps in Elite Youth Soccer Players: A Short Report. **Journal of Athletic Training**, v. 58, n. 1, p. 79-83, 2023.

CROSS, Rebecca et al. Acute neuromuscular response to team sports-specific running, resistance, and concurrent training: a cross-over study. **Med Sci Sports Exerc**, v. 54, n. 3, p. 456-465, 2022.

D'ALLEVA, Mattia et al. Effects of 12-week combined training versus high intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition and fat metabolism in obese male adults. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 21, n. 2, p. 193-201, 2023.

DE DIOS-ÁLVAREZ, Vicente et al. Relationships between RPE-derived internal training load parameters and GPS-based external training load variables in elite young soccer players. **Research in Sports Medicine**, p. 1-16, 2021.

DULSKY, Cameron C. et al. Effects of supra high-intensity interval training in police officers. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2022.

ENGEL, Florian Azad et al. High-intensity interval training performed by young athletes: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in physiology**, v. 9, p. 1012, 2018.

FALCES-PRIETO, Moisés et al. The Differentiate Effects of Resistance Training with or without External Load on Young Soccer Players' Performance and Body Composition. **Frontiers in Physiology**, p. 1911, 2021.

FALK NETO, João Henrique; KENNEDY, Michael D. The multimodal nature of high-intensity functional training: potential applications to improve sport performance. **Sports**, v. 7, n. 2, p. 33, 2019.

FERNANDEZ-NAVARRO, Javier et al. Attacking and defensive styles of play in soccer: analysis of Spanish and English elite teams. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 24, p. 2195-2204, 2016.

GILLEN, Jenna B.; GIBALA, Martin J. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness?. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 39, n. 3, p. 409-412, 2014.

GREEN, Edward S. et al. Physiological and Anthropometric Differences among Endurance, Strength and High-Intensity Functional Training Participants: A Cross-Sectional Study. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1-12, 2022.

GUALTIERI, Antonio et al. High-speed running and sprinting in professional adult soccer: Current thresholds definition, match demands and training strategies. A systematic review. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 5, 2023.

GUPTA, Luke; MORGAN, Kevin; GILCHRIST, Sarah. Does elite sport degrade sleep quality? A systematic review. **Sports Medicine**, v. 47, p. 1317-1333, 2017.

GUTIÉRREZ-ARROYO, Jorge et al. Effect of a High-Intensity Circuit Training Program on the Physical Fitness of Wildland Firefighters. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 3, p. 2073, 2023.

HOSTRUP, Morten; BANGSBO, Jens. Performance Adaptations to Intensified Training in Top-Level Football. **Sports Medicine**, v. 53, n. 3, p. 577-594, 2023.

HWANG, Jihwan et al. The ability of energy recovery in professional soccer players is increased by individualized low-intensity exercise. **Plos one**, v. 17, n. 6, p. e0270484, 2022.

JIMÉNEZ-REYES, Pedro et al. Seasonal changes in the sprint acceleration force-velocity profile of elite male soccer players. **Journal of strength and conditioning research**, v. 36, n. 1, p. 70-74, 2022.

KANG, Jian et al. Effects of Concurrent Strength and HIIT-Based Endurance Training on Physical Fitness in Trained Team Sports Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 22, p. 14800, 2022.

KAUTZA, Benjamin C.; KASTELLO, Gary M.; SOTHMANN, Mark S. Validation of MedGraphics' VO2000 Portable Metabolic Analyzer and a modified pneumotachometer. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 5, p. S222, 2004.

KERCHER, Vanessa M. Martinez et al. 2023 Fitness Trends from Around the Globe. **ACSM's Health & Fitness Journal**, v. 27, n. 1, p. 19-30, 2023.

KUNZ, Philipp et al. A meta-comparison of the effects of high-intensity interval training to those of small-sided games and other training protocols on parameters related to the physiology and performance of youth soccer players. **Sports medicine-open**, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2019.

LAURSEN, Paul B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, p. 1-10, 2010

LECHNER, Sandra et al. Monitoring training load in youth soccer players: effects of a six-week preparatory training program and the associations between external and internal loads. **Biology of Sport**, v. 40, n. 1, p. 63-75, 2023.

JOO, Chang Hwa. The effects of short term detraining and retraining on physical fitness in elite soccer players. **PloS one**, v. 13, n. 5, p. e0196212, 2018.

LIN, Junlei et al. Correlations between horizontal jump and sprint acceleration and maximal speed performance: a systematic review and meta-analysis. **PeerJ**, v. 11, p. e14650, 2023.

LOTURCO, Irineu et al. Change-of direction deficit in elite young soccer players. **German Journal of Exercise and Sport Research**, v. 48, n. 2, p. 228-234, 2018.

LOTURCO, Irineu et al. Mixed training methods: effects of combining resisted sprints or plyometrics with optimum power loads on sprint and agility performance in professional soccer players. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 1034, 2017.

LOTURCO, Irineu et al. Power training in elite young soccer players: Effects of using loads above or below the optimum power zone. **Journal of sports sciences**, v. 38, n. 11-12, p. 1416-1422, 2020.

LOTURCO, Irineu et al. Practices of strength and conditioning coaches in Brazilian elite soccer. **Biology of Sport**, v. 39, n. 3, p. 779-791, 2022.

LOTURCO, Irineu et al. Traditional free-weight vs. variable resistance training applied to elite young soccer players during a short preseason: effects on strength, speed, and power performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 2022.

LOTURCO, Irineu et al. Traditional periodization versus optimum training load applied to soccer players: effects on neuromuscular abilities. **International journal of sports medicine**, v. 37, n. 13, p. 1051-1059, 2016.

LOTURCO, Irineu et al. Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. **Journal of sports sciences**, v. 33, n. 20, p. 2182-2191, 2015.

LUO, Shengyao et al. Effect of core training on skill-related physical fitness performance among soccer players: A systematic review. **Frontiers in Public Health**, v. 10, 2022.

MANG, Zachary A.; VIGIL, Eric D.; BEAM, Jason R. Utilizing multimodal high-intensity interval training for a firefighter training academy during the COVID-19 pandemic. **Work**, n. Preprint, p. 1-11, 2023.

MARÍN-PAGÁN, Cristian et al. Acute physiological responses to high-intensity resistance circuit training vs. traditional strength training in soccer players. **Biology**, v. 9, n. 11, p. 383, 2020.

MATHIEU, Bertrand et al. Concurrent Training Programming: The Acute Effects of Sprint Interval Exercise on the Subsequent Strength Training. **Sports**, v. 10, n. 5, p. 75, 2022a.

MATHIEU, Bertrand et al. Concurrent Training Programming: The Acute Effects of Sprint Interval Exercise on the Subsequent Strength Training. **Sports**, v. 10, n. 5, p. 75, 2022b.

MCQUILLIAM, Stephen J. et al. Effect of High-Intensity vs. Moderate-Intensity Resistance Training on Strength, Power, and Muscle Soreness in Male Academy Soccer Players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, p. 10.1519, 2022.

MCRAE, Gill et al. Extremely low volume, whole-body aerobic–resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 6, p. 1124-1131, 2012.

MICHAILIDIS, Yiannis; VENEGAS, Panagiotis; METAXAS, Thomas. Effects of Combined Horizontal Plyometric and Change of Direction Training on Anaerobic Parameters in Youth Soccer Players. **Sports**, v. 11, n. 2, p. 27, 2023.

LOTURCO, Irineu et al. Effects of a Short-Term Detraining Period on the Strength Deficit and Functional Performance of Highly Trained Soccer Players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, p. 10.1519, 2022.

MILANOVIC, Z. et al. Is recreational soccer effective for improving VO₂. **Sports Medicine**, v. 45(9), p. 1339-1353, 2015.

MUJIKÁ, Iñigo; PADILLA, Sabino. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. **Sports medicine**, v. 30, p. 79-87, 2000.

MÜLLER, Camila Borges et al. Home-based high-intensity interval training can improve physical performance in young female athletes during a quarantine. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 28, 2021.

MYERS, Terrence R. et al. Whole-body aerobic resistance training circuit improves aerobic fitness and muscle strength in sedentary young females. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 6, p. 1592-1600, 2015.

PEREIRA, Lucas A. et al. Variations in Internal and External Training Load Measures and Neuromuscular Performance of Professional Soccer Players During a Preseason Training Period. **Journal of Human Kinetics**, v. 81, n. 1, p. 149-162, 2022.

PERRELLA, Marianna Marques; NORIYUKI, Patrícia Sayuri; ROSSI, Luciana. Avaliação da perda hídrica durante treino intenso de rugby. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 11, n. 4, p. 229-232, 2005.

RENGERS, Timothy A. et al. Effects of High-Intensity Interval Training Protocols on Liver Enzymes and Wellness in Women. **Journal of Sports Medicine**, v. 2021, 2021.

SAIDI, Karim et al. Effects of a six-week period of congested match play on plasma volume variations, hematological parameters, training workload and physical fitness in elite soccer players. **PLoS One**, v. 14, n. 7, p. e0219692, 2019.

SEBASTIÁ-RICO, Jaime et al. Body Composition of Male Professional Soccer Players Using Different Measurement Methods: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, v. 15, n. 5, p. 1160, 2023.

SHARP, Tijana et al. The effects of high-intensity multimodal training in apparently healthy populations: A systematic review. **Sports Medicine-Open**, v. 8, n. 1, p. 43, 2022.

SILVA, Joao Renato. The soccer season: performance variations and evolutionary trends. **PeerJ**, v. 10, p. e14082, 2022.

SUCHOMEL, Timothy J. et al. The importance of muscular strength: training considerations. **Sports medicine**, v. 48, p. 765-785, 2018.

THAPA, Rohit K. et al. Effects of complex training on sprint, jump, and change of direction ability of soccer players: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Psychology**, v. 11, p. 627869, 2021.

THOMAKOS, Pierros et al. Effects of Concurrent High-Intensity and Strength Training on Muscle Power and Aerobic Performance in Young Soccer Players during the Pre-Season. **Sports**, v. 11, n. 3, p. 59, 2023.

THOSEBY, Bradley et al. Peak match acceleration demands differentiate between elite youth and professional football players. **Plos one**, v. 18, n. 3, p. e0277901, 2023.

TURNER, Anthony N.; STEWART, Perry F. Strength and conditioning for soccer players. **Strength & Conditioning Journal**, v. 36, n. 4, p. 1-13, 2014.

VEIGA, Rousseau S; EIDT, Augusto; DEL VECCHIO, Fabrício B. Acute effects of a multimodal training session on heart rate, blood lactate and subjective perception of effort in young athletes. **Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación**, v. 62, p. 1148-1154, 2025.

WANG, Shaojie; LIU, Baiqing; LIU, Jingle. Efeitos do treinamento de futebol escolar sobre a saúde e a aptidão física de crianças obesas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 29, p. e2022_0794, 2023.

WELDON, Anthony et al. Contemporary practices of strength and conditioning coaches in professional soccer. **Biology of Sport**, v. 38, n. 3, p. 377-390, 2021.

YABROUDI, Mohammad A. et al. The influence of sleep quality and quantity on soccer injuries in professional teams. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2021.

THOMPSON, Walter. Worldwide Survey of Fitness Trends for 2023. *Health & Fitness Journal*, 27(1):p 9-18, 1/2 2023.

MELCHIORRI, Giovanni et al. Effects of long-term detraining on muscle performance in young soccer players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2022.

ROBINEAU, Julien et al. Concurrent training in rugby sevens: effects of high-intensity interval exercises. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. 3, p. 336-344, 2017.

RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, Alejandro et al. Effects of short-term in-season break detraining on repeated-sprint ability and intermittent endurance according to initial performance of soccer player. **PloS one**, v. 13, n. 8, p. e0201111, 2018.

8 APÊNDICES

8.1 TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

Título da pesquisa:

“Efeitos do treinamento multimodal durante uma temporada regular de futebol juvenil.”

Rousseau Silva da Veiga Tel: (53) 98452-2219 - UFPel

Prof. Dr. Eraldo dos Santos Pinheiro Tel: (53) 98162-6202 - UFPel

Você está sendo convidado para participar da pesquisa **“Efeitos do treinamento multimodal durante uma temporada regular de futebol juvenil”**. Seus pais ou responsáveis permitiram que você participasse.

Nesta pesquisa, queremos saber os efeitos de um programa de HIIT-MM em variáveis antropométricas, de desempenho e fisiológicas em jovens atletas de futebol.

Os adolescentes que irão participar dessa pesquisa têm de 15 a 17 anos de idade. Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu, não terá nenhum problema se desistir.

A pesquisa será feita na ESEF/UFPel, onde os adolescentes participarão de um programa de treinamento físico. Para isso, serão utilizados materiais para a realização dos exercícios, bem como materiais para avaliação fisiológica. O uso dos materiais e instrumentos são considerados seguros, mas podem haver riscos e desconfortos relacionados à sua participação neste estudo, que são decorrentes do procedimento de coleta, especialmente nos testes fisiológicos, onde ocorrerão retiradas de pequenas amostras de sangue (em polpa digital), e do esforço realizado durante as sessões, que deverá gerar fadiga próxima à exaustão, como: Mal-estar, cianose, vertigem, queda de pressão, náusea, vômito, dor muscular nos dias seguintes aos testes. Os demais procedimentos do estudo não acarretam em riscos físicos maiores que os existentes na prática da modalidade, de qualquer forma, os pesquisadores são treinados e aptos a prestar atendimento básico de urgência em caso de acidente eventual. Os mesmos ficam encarregados de acionar os serviços competentes (SAMU) para que o indivíduo com agravo seja levado ao centro de atendimento mais próximo, os pesquisadores acompanharão você até a entrega para um profissional competente para o seu atendimento. Caso aconteça algo errado, você pode nos procurar pelos telefones (53) 98452-2219 do pesquisador Rousseau Silva da Veiga ou pelo telefone (53) 98162-6202, do Pesquisador Prof. Dr. Eraldo dos Santos Pinheiro.

Mas há coisas boas que podem acontecer, como: treinamento físico, acompanhado por profissionais capacitados; dados sobre seu desempenho físico e perfil antropométrico; reavaliação após o período de recesso realizado pelo clube; e recebimento de cópia impressa dos resultados finais e recebimento de um laudo contendo todos os seus resultados ao final da pesquisa para que possam ser utilizados na adequação do seu treinamento.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar as adolescentes que participaram da pesquisa. Quando terminarmos a pesquisa Quando terminarmos a pesquisa, divulgaremos os resultados através de artigos científicos da área, além de entregar para você e seu clube uma planilha com os dados obtidos sobre o seu desempenho.

Se você tiver alguma dúvida, você pode me perguntar ou a pesquisador Prof. Dr. Eraldo dos Santos Pinheiro. Eu escrevi os telefones na parte de cima desse texto.

Eu _____ aceito participar da pesquisa **“Efeitos do treinamento multimodal durante uma temporada regular de futebol juvenil”**, que tem o objetivo mensurar os efeitos de um programa de HIIT-MM em variáveis antropométricas, de desempenho e fisiológicas em jovens atletas de futebol. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir que ninguém vai ficar furioso. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Pelotas/RS, ____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) menor

Assinatura do(a) pesquisador(a)

8.2 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisador responsável: Eraldo dos Santos Pinheiro

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Luís de Camões, 625.

Telefone: (53) 98162-6202

Concordo em participar do estudo “**Efeitos do treinamento multimodal durante uma temporada regular de futebol juvenil**”. Estou ciente de que estou sendo convidado a participar voluntariamente do mesmo.

PROCEDIMENTOS: Fui informado de que o objetivo geral será medir os efeitos de um programa de HIIT-MM em variáveis antropométricas, de desempenho e fisiológicas em jovens atletas de futebol, cujos resultados serão mantidos em sigilo e somente serão usados para fins de pesquisa. Estou ciente de que a minha participação envolverá realizar treinamento físico de força sistemático, duas vezes por semana, com sessões de 1h, durante o período de 20 semanas.

RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES: Fui informado que os riscos referem-se aos procedimento de coleta, especialmente nos testes fisiológicos, onde ocorrerão retiradas de pequenas amostras de sangue (em polpa digital), e do esforço realizado durante as sessões, que deverá gerar fadiga próxima à exaustão, como: Mal-estar, cianose, vertigem, queda de pressão, náusea, vômito, dor muscular nos dias seguintes aos testes.

BENEFÍCIOS: Treinamento físico, acompanhado por profissionais capacitados; dados sobre seu desempenho físico e perfil antropométrico; reavaliação após o período de recesso realizado pelo clube; e recebimento de cópia impressa dos resultados finais e recebimento de um laudo contendo todos os seus resultados ao final da pesquisa para que possam ser utilizados na adequação do seu treinamento.

PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA: Como já me foi dito, minha participação neste estudo será voluntária e poderei interrompê-la a qualquer momento.

DESPESAS: Eu não terei que pagar por nenhum dos procedimentos, nem receber compensações financeiras.

CONFIDENCIALIDADE: Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante todas as etapas do estudo.

CONSENTIMENTO: Recebi claras explicações sobre o estudo, todas registradas neste formulário de consentimento. Os investigadores do estudo responderam e responderão, em qualquer etapa do estudo, a todas as minhas perguntas, até a minha completa satisfação. Portanto, estou de acordo em participar do estudo. Este Formulário de Consentimento Pré-Informado será assinado por mim e arquivado na instituição responsável pela pesquisa.

Nome do participante/representante legal: _____ Identidade: _____

ASSINATURA: _____ DATA: ____ / ____ / _____

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE DO INVESTIGADOR: Expliquei a natureza, objetivos, riscos e benefícios deste estudo. Coloquei-me à disposição para perguntas e as respondi em sua totalidade. O participante compreendeu minha explicação e aceitou, sem imposições, assinar este consentimento. Tenho como compromisso utilizar os dados e o material coletado para a publicação de relatórios e artigos científicos referentes a essa pesquisa. Se o participante tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da ESEF/UFPel – Rua Luís de Camões, 625 – CEP: 96055-630 - Pelotas/RS; Telefone:(53)3273-2752.

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL _____

8.3 ANAMNESE

ANAMNESE

Nome: _____ D.Nasc.: ____ / ____ / ____

Naturalidade: _____ Nacionalidade: _____

Endereço: _____

Fone: _____ (Res.), _____ (Cel) e-mail: _____

Peso: _____ Kg. Estatura: _____ m.

1) Sua família reside em Pelotas? _____

2) Qual seu objetivo no clube?

_____3) Há quanto tempo você está inserido no clube?
_____4) Você já atuou por outros clubes anteriormente?
_____5) Pratica atividade física fora das dependências do clube? Sim Não4.1) Qual (is) e a quanto tempo?

_____4.2) Quantas vezes por semana?

_____4.3) Se não pratica, já praticou? Sim NãoQual (is) e por quanto tempo?

_____4.4) E a quanto tempo deixou de praticar?

_____6) Faz quantas refeições por dia? 1 2 3 4 5 Mais de 5

7) Você segue alguma dieta prescrita por profissional? Sim Não

8) Usa suplementação alimentar? Sim Não

7.1) Se sim, quem recomendou? _____

9) Dorme quantas horas por noite? _____

10) É fumante? Sim Não

9.1) Se sim, quantos cigarros por dia? _____

9.2) Se parou, a quanto tempo? _____

11) Consome bebida alcoólica? Quais?

Com que frequência semanal? _____

Tem ou teve recentemente uma ou mais das patologias abaixo:

- | | | |
|--|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Problemas cardíacos | <input type="checkbox"/> Problemas pulmonares | <input type="checkbox"/> Tonturas |
| <input type="checkbox"/> Hipertensão | <input type="checkbox"/> Bronquite | <input type="checkbox"/> Asma |
| <input type="checkbox"/> Colesterol elevado | <input type="checkbox"/> Glicose elevada | <input type="checkbox"/> Diabetes |
| <input type="checkbox"/> Convulsões | <input type="checkbox"/> Fratura óssea | <input type="checkbox"/> Cirurgia |
| <input type="checkbox"/> Dor de cabeça frequente | | |

2 RELATÓRIO DE CAMPO

O presente relatório de campo tem como principal objetivo apresentar as dificuldades enfrentadas durante o processo de intervenção e como elas afetaram o planejamento previamente elaborado.

Inicialmente, após o exame de qualificação, o próximo compromisso era providenciar a manutenção do analisador de gás VO2000, utilizado para medida de consumo máximo de oxigênio, e a compra de insumos para o lactímetro de mesa YSI 2300, ambos com verba federal e necessários para a condução do estudo com medidas fisiológicas agudas. Desse modo, em colaboração com o colegiado do PPGEF/UFPel, os estudos técnicos foram encaminhados e, em um processo extremamente difícil e burocrático, aprovados. Porém, o equipamento mencionado, apesar de enviado diretamente ao fabricante, não regressou ao nosso laboratório com funcionamento satisfatório, sendo necessários outros 4 envios para manutenção e, até ao momento, sem solução. Ainda, sobre os insumos mencionados, os mesmos foram adquiridos com o único fornecedor disponível em território nacional, fazendo uso integral da verba destinada para o item. Porém, ao chegar em Pelotas, o material foi enviado diretamente ao almoxarifado central da UFPel, e não para a ESEF, unidade onde está localizado nosso laboratório. Como se trata de um reagente químico, o mesmo deveria ser armazenado em temperatura de 5°C, como orienta o fabricante. Todavia, o material foi armazenado de forma inadequada, fazendo com que fosse perdido, uma vez que sua utilização nessas condições fez com que o equipamento realizasse leituras inadequadas. Esses fatos fizeram com que a realização do estudo de efeito agudo fosse inviabilizada.

Outro acontecimento de extrema importância foi o fechamento das categorias de base do clube onde se esperava realizar a intervenção. Esse fato fez com que buscássemos soluções, mas sem sucesso. Nossa última possibilidade seria reabrir as categorias de base de um outro clube tradicional da cidade, fechado há mais de 10 anos. Durante as tratativas com o clube, que apresenta saúde financeira frágil, a única contrapartida obrigatória solicitada ao nosso laboratório era que buscássemos os investimentos para a disputa do campeonato estadual da categoria. Desse modo, e com poucas opções, nosso grupo realizou a submissão do projeto ao PRÓ-ESPORTE/RS, do governo do Estado, sendo aprovado com méritos para execução. Assim, iniciamos os contatos com possíveis patrocinadores e, ao final do processo, realizamos a captação integral do montante de R\$498.000,00.

Porém, após iniciar a intervenção, ainda na pré-temporada, o Rio Grande do Sul foi assolado pelas chuvas, levando a mortes e destruição. Com o cenário catastrófico em questão, cidades de clubes que iriam participar do Campeonato Gaúcho SUB-17 foram fortemente impactadas, fazendo com que esses clubes pedissem a sua retirada da competição. Desse modo, a Federação Gaúcha de Futebol adiou o início da competição em 2 meses. Esse adiamento fez com que não fosse possível o acompanhamento da fase competitiva da temporada, bem como o destreino, sem que o prazo final da defesa dessa tese fosse extrapolado. Esses fatos fizeram com que apresentássemos os dados obtidos durante a fase de preparação, que foram de 15 semanas, que é mais longa do que o habitual da modalidade.

3 ARTIGO ORIGINAL DA TESE
(Rousseau Silva da Veiga)

Impacto do HIIT-MM realizado com diferentes cargas no desempenho físico de atletas de futebol juvenil: um ensaio clínico randomizado.

Impact of HIIT-multimodal performed with different loads on the physical performance of youth soccer players: a randomized clinical trial.

Rousseau Silva da Veiga¹, Eraldo dos Santos Pinheiro¹

¹Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, Brasil

Autor correspondente:

Rousseau Silva da Veiga

Telefone: +55 (53) 98110-8954

E-mail: rousseauveiga@gmail.com

Endereço: Rua Luís de Camões, 625, Pelotas/RS, Brasil.

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

Resumo

O objetivo do presente estudo foi verificar o impacto do treinamento intervalado de alta intensidade-multimodal (HIIT-MM) realizado com cargas com diferentes cargas no desempenho físico de atletas de futebol juvenil. Trata-se de um estudo experimental. Para isso, 27 atletas de futebol juvenil foram randomizados em grupo HIIT-MM_{sub} (n=14) e HIIT-MM_{max} (n=13) e foram expostos a 14 semanas de intervenção, onde o primeiro grupo realizava protocolo de HIIT-MM contendo estímulos de força submáximos e o segundo esforços máximos. No momento pré, na semana 7 e após intervenção, foram medidas variáveis antropométricas (massa e gordura corporal), além do desempenho físico por meio de medidas resistência aeróbia máxima (RAM), consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), velocidade em sprint de 10 (S10) e 20 m (S20), squat jump (SJ), countermovement jump (CMJ), potência de membros inferiores (PMI) e força dinâmica máxima nos testes de supino, agachamento e levantamento-terra. Para realizar a inferência dos dados, foi adotado valor estatístico de 5%. Como resultados, em ambos os grupos, não foram observadas diferenças estatísticas nas variáveis antropométricas ($p > 0,05$). Por outro lado, os dois grupos apresentaram melhoras significativas após 14 semanas de treinamento nas variáveis de RAM, VO_{2max}, SJ, CMJ, PMI, supino, agachamento e levantamento terra ($p < 0,001$), sem diferenças entre os grupos ($p > 0,05$). Porém, apenas no grupo HIIT-MM_{sub} foram identificados incrementos de desempenho significativo no VO_{2max}, S10, S20 entre as semanas 7 e 14. Desse modo, o presente estudo conclui que o HIIT-MM, seja realizado com cargas submáximas ou moderadas, em um período de 14 semanas, foi capaz de gerar sem distinção, o desempenho na aptidão cardiorrespiratória, velocidade, altura de salto, potência de membros inferiores e força dinâmica máxima. Entretanto, apenas o grupo HIIT-MM_{sub} foi capaz de proporcionar melhoras no VO_{2max} e velocidade entre a semana 7 e 14.

Palavras-chave: treinamento físico, performance esportiva, treinamento de força, esportes de equipe.

Abstract

The aim of this study was to verify the impact of high-intensity interval training-multimodal (HIIT-MM) performed with different loads on the physical performance of youth soccer athletes. This is an experimental study. For this, 27 youth soccer athletes were randomized into HIIT-MM_{sub} (n = 14) and HIIT-MM_{max} (n = 13) groups and were exposed to 14 weeks of intervention, where the first group performed a HIIT-MM protocol containing submaximal strength stimuli and the second, maximal efforts. At the pre, week 7 and post intervention, anthropometric variables (body mass and fat) were measured, in addition to physical performance through measures of maximum aerobic endurance (RAM), maximum oxygen consumption (VO_{2max}), sprint speed of 10 (S10) and 20 m (S20), squat jump (SJ), countermovement jump (CMJ), lower limb power (PMI) and maximum dynamic strength in the bench press, squat and deadlift tests. To perform data inference, a statistical value of 5% was adopted. As a result, in both groups, no statistical differences were observed in anthropometric variables ($p > 0.05$). On the other hand, both groups showed significant improvements after 14 weeks of training in the variables of RAM, VO_{2max}, SJ, CMJ, PMI, bench press, squat and deadlift ($p < 0.001$), with no differences between the groups ($p > 0.05$). However, only in the HIIT-MM_{sub} group were significant performance increases identified in VO_{2max}, S10, S20 between weeks 7 and 14. Thus, the present study concludes that HIIT-MM, whether performed with submaximal or moderate loads, in a period of 14 weeks, was able to generate, without distinction, performance in cardiorespiratory fitness, speed, jump height, lower limb power and maximum dynamic strength. However, only the HIIT-MM_{sub} group was able to provide improvements in VO_{2max} and speed between weeks 7 and 14.

Keywords: physical training, performance, strength training, youth athletes.

Introdução

O futebol é uma modalidade esportiva coletiva de invasão com característica intermitente (Silva, 2022; Gualtieri et al., 2023; Thoseby et al., 2023). Em uma partida de futebol, são requisitados diferentes componentes da aptidão física e, desse modo, é comum identificar diferentes métodos de treinamento nas rotinas das equipes, visando o aprimoramento de potência (Loturco et al., 2017), velocidade (Mathieu et al., 2022; Jiménez-Reyes et al., 2022), força (McQuillam et al., 2022) e aptidão cardiorrespiratória (Arslan et al., 2022).

Entre essas possibilidades metodológicas, destaca-se o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), que é composto por estímulos de alta intensidade, executados acima do limiar anaeróbio, com períodos subsequentes em baixa intensidade (Clemente et al., 2024). Todavia, fortes críticas são relacionadas a este modelo de esforço, uma vez que, quando comparado a outros métodos de treinamento físico, tende a gerar baixo impacto neuromuscular (McRae, 2012). Deste modo, emerge uma variação do HIIT que envolve a combinação de exercícios de força, resistência muscular e metabólicos, denominado HIIT-multimodal (HIIT-MM), o qual vem sendo objeto de investigações envolvendo mulheres (Buckley et al., 2015; Brown et al., 2018) e homens ativos (Mang et al., 2023).

Estudos têm demonstrado que, em intervenções com desfechos crônicos, o HIIT-MM tende a gerar impacto similar ao HIIT realizado de modo tradicional, mas podendo gerar ganhos adicionais em variáveis como força dinâmica máxima e potência (Buckley et al., 2015; Brown et al., 2018). Entretanto, alguns pontos ainda parecem ainda não estar suficientemente compreendidos, como, por exemplo, a utilização de diferentes cargas manipuladas durante o exercício de força dos protocolos, uma vez que, comumente, são realizadas com cargas altas (Buckley et al., 2015; Brown et al., 2018), bem como o impacto desse modelo de esforço em intervenções com duração mais curtas.

Embora os estudos que têm buscado entender os efeitos do HIIT-MM sejam realizados predominantemente com cargas máximas, seja em atletas (Veiga, 2020) ou não atletas (Buckley et al., 2015; Brown et al., 2018; Mang et al., 2023), é importante ser considerados que indivíduos que ainda não alcançaram o nível de

elite talvez possam desenvolver adaptações significativas nos componentes de resistência aeróbia, velocidade, potência e força a partir de trabalhos com cargas submáximas (Assunção et al., 2016; Hammami et al., 2017). Do ponto de vista prático, abordagens dessa natureza podem ser benéficas para minimizar o risco de sobrecarga física, permitindo que os atletas desempenhem atividades técnicas e físicas de modo adequado (Assunção et al., 2016). Desse modo, o objetivo do presente estudo foi verificar o impacto do HIIT-MM realizado com diferentes cargas no desempenho físico de atletas de futebol juvenil. Como principal hipótese, acreditamos que após 7 e 14 semanas haja melhora nos ganhos de força em ambos os grupos, mas sem distinção entre os mesmos.

Materiais e métodos

Abordagem experimental ao problema

Um estudo experimental randomizado foi conduzido para mensurar os efeitos do emprego de diferentes cargas em um programa de HIIT-MM em variáveis antropométricas e de desempenho físico em jovens atletas de futebol. Os participantes do estudo foram convidados a completar 14 semanas de treinamento físico, com duas sessões semanais. Foram fornecidas previamente às coletas de dados as seguintes orientações: i) mínimo de 8h de sono na noite anterior a avaliação; ii) consumir padrões habituais de cafeína e não ingerir bebidas alcoólicas; e iii) não realizar exercícios intensos nas 36h anteriores aos testes. Durante todo o processo de avaliação de desempenho físico e treinamento, os participantes usavam apenas o uniforme padrão do clube. Como variável independente, foi adotado o modelo de treino realizado (HIIT-MM_{max} e HIIT-MM_{sub}). As variáveis dependentes medidas foram aquelas obtidas nas avaliações antropométricas e de desempenho físico, sendo as variáveis de força o desfecho principal.

Descrição da amostra

Inicialmente, faziam parte do grupo que poderia compor a amostra do estudo 40 atletas de futebol da categoria sub-17 ($16,03 \pm 0,80$ anos, $173,70 \pm 6,66$ cm, $65,16 \pm 9,14$ kg), de um clube de nível estadual. Para inclusão no estudo, o sujeito deveria estar incluído no grupo há, no mínimo, três meses ininterruptos, bem como possuir assiduidade superior de 85% nos treinos do mês prévio à intervenção. Foram excluídos todos aqueles que, durante o processo, apresentaram limitações

funcionais decorrentes de lesão pregressa que impossibilite a realização dos exercícios, não completaram a bateria de avaliações, relataram doenças cardiovasculares, metabólicas, respiratórias e outras doenças crônicas não-transmissíveis que impedissem sua participação no estudo ou solicitaram desligamento do clube. Durante o processo de intervenção, 13 indivíduos foram excluídos do estudo, sendo 3 por lesão e 10 por desligamento do clube. Deste modo, a amostra contou com 27 atletas. Todos os atletas e seus responsáveis legais foram informados sobre os riscos e benefícios antes de ler e assinar o termo de assentimento livre e esclarecido (TALE) e o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), respectivamente. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da Universidade Federal de Pelotas (parecer registrado sob o protocolo 3.536.069).

Quadro 1. Rotina semanal dos atletas.

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Manhã	Aula	Aula	Aula	Aula	Aula	Aula	Descanso
Tarde	Treino (Técnico)	Treino (Físico)	Treino (Técnico)	Treino (Físico)	Treino (Tático)	Jogo	Descanso

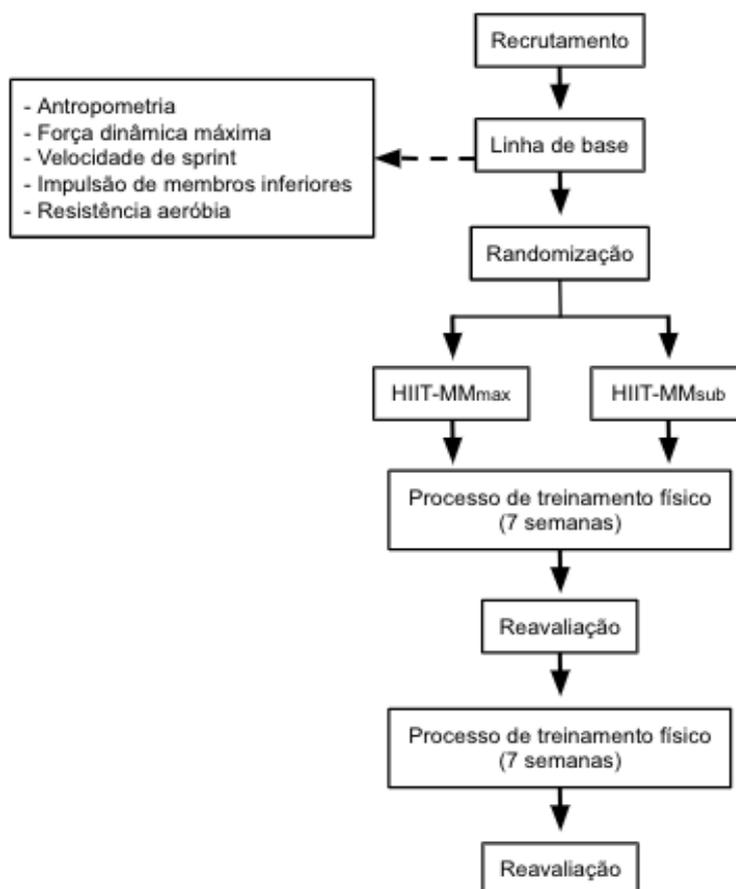
Desenho do estudo

Primeiramente, visando o convite para participação na intervenção, houve o contato inicial com o clube, atletas e seus responsáveis, bem como o cumprimento dos aspectos éticos. Após isso, ocorreu a avaliação inicial, que foi composta por uma bateria de testes de desempenho físico e avaliação antropométrica. Na sequência, os participantes foram randomizados em dois grupos distintos: i) grupo HIIT-MM_{max}, que realizou o protocolo com 4-6 RM quando executar os exercícios de força, e; ii) HIIT-MM_{sub}, que realizou as mesmas 4-6 repetições durante os estímulos de força, mas com 50-60% de 1RM. Destaca-se que o processo de randomização ocorreu por meio sorteio, considerando a posição de jogo em blocos de 1 indivíduo.

Esse processo teve duração de 14 semanas e foi realizado durante a pré-temporada, duas vezes por semana, totalizando 28 sessões. Ressalta-se que,

ao final da semana 7, houve uma nova avaliação antropométrica e de desempenho físico, com o intuito de ajustar a carga para o restante da intervenção. Após 14 semanas de treinamento, os participantes foram reavaliados. Todas as sessões de treinamento ocorreram nos campos de treinamento habituais, usando uniforme tradicional de treino, composto por tênis, calção e camiseta.

Figura 1. Delineamento do estudo.



Protocolo HIIT-MM

O protocolo de HIIT-MM consistiu em 6 séries de 60 seg de estímulos *all-out*, com intervalos de 3 min entre elas. Durante o período de esforço, conforme apresenta o Material suplementar 1, houve a realização de três etapas: i) exercício de força (EF), com 4-6 repetições para um segmento corporal; ii) 8-10 repetições de um exercício acessório (EA), para outro segmento corporal, e; iii) exercício que exigia grande solicitação metabólica (EM), para o mesmo segmento corporal do EF,

até o término dos 60 seg. Ressalta-se que, durante o período de intervenção, a estrutura da sessão não sofreu alterações, seguindo como apresentamos na Figura 2. havendo diferença apenas na carga manipulada entre HIIT-MM_{max} e HIIT-MM_{sub} durante o estímulo de força. O grupo HIIT-MM_{max} teve carga de 80% de 1RM, enquanto o grupo HIIT-MM_{sub}, executou os esforços com uma faixa de 50 e 60% de 1RM.

Figura 2. Delineamento protocolo HIIT-MM.



EF= exercício de força; EA: exercício acessório; EM= exercício metabólico.

Procedimentos de coletas

Avaliação antropométrica

Para a quantificação da massa corporal, estatura e percentual de gordura corporal (%GC), os indivíduos deveriam estar descalços, vestindo apenas o calção padrão de treino, na posição ortostática com peso igualmente distribuído entre ambos os pés e cabeça posicionada em plano horizontal de Frankfurt. Já a medida da massa corporal, foi realizada com balança de plataforma (Filizolla[®], Brasil), com precisão de 0,1 kg. Os valores referentes à estatura dos participantes foram obtidos por meio de estadiômetro (Filizolla[®], Brasil) com precisão de 0,1 cm. Para a aferição das dobras cutâneas foi utilizado adipômetro com precisão de 0,1mm (Cescorf, Brasil) e, posteriormente, ocorreu o emprego da equação de predição do %GC de 7 dobras (tricipital, subescapular, bicipital, axilar média, supra ilíaca, coxa, abdominal) (Jackson et al., 1978).

Resistência aeróbia máxima

Para a quantificação dos valores relacionados à resistência aeróbia, após aquecimento, o qual foi conduzido com o protocolo FIFA 11+, foi realizado o *Yo-Yo Intermittent Recovery level 1* ($r = 0,71$; Krustup et al, 2003; Bangsbo et al., 2008). No teste, o indivíduo iniciou uma série de deslocamentos em corrida de 20m, com a velocidade de 8 km/h, tendo o momento de partida e de chegada indicados por um metrônomo. Alcançada a marca dos 20 m, foi realizado o retorno até a marca inicial, de maneira que também deveria ser atingida no tempo exato do próximo sinal. A cada 40m (ida e volta) houve um período de recuperação de 10 segundos e, após isso, o sujeito retomou o esforço. O intervalo entre os sinais era gradativamente diminuído, levando ao incremento da velocidade. A avaliação foi finalizada quando o indivíduo apresentou exaustão voluntária ou quando não conseguiu cumprir o trajeto por duas vezes no mesmo estágio. Ao final do procedimento, foi somada a distância percorrida (m), sendo esse valor associado à resistência aeróbia máxima. A estimativa do VO_{2max} se deu pela equação: $VO_{2max} = \text{distância percorrida} * 0.0084 + 36.4$ (Bangsbo et al., 2008).

Velocidade de sprint

A velocidade máxima de *sprint* foi medida por meio de dois testes de sprints lineares, sendo o primeiro de 10m (S10) e o segundo de 20m (S20). Para tal, foram utilizadas fotocélulas (Multisprint, Hidrofit®), posicionadas no campo a 0 e 10m e, posteriormente, 0 e 20m (reprodutibilidade teste-reteste com $r = 0,89$; Moir et al., 2004). Foram ofertadas duas tentativas com intervalo 1 min entre elas, e foi registrado apenas a melhor marca de desempenho.

Altura de salto e potência de membros inferiores

Para avaliação da altura de salto, foram utilizados o Squat Jump (SJ) e o *Countermovement Jump* (CMJ). Em ambos os saltos, houve a utilização de tapete de contato (Jump System®, Nova Odessa, Brazil). O SJ se deu a partir de uma flexão de joelho de 90° por três segundos e posterior salto vertical, enquanto o CMJ partiu da realização de um agachamento seguido de salto vertical. Tanto SJ, quanto CMJ, foram realizados descalços e com as mãos na cintura (teste de reprodutibilidade-reteste de $r = 0,93$; Markovic et al., 2004). Em ambos os saltos

houve duas tentativas, com intervalo de 1 min entre elas, sendo contabilizado o melhor desempenho em cada um dos testes.

Para a medida de potência de membros inferiores (PMI), houve a utilização da melhor marca de desempenho do CMJ em conjunto com a equação preditiva: $Potência (W) = 54.2 * altura \text{ de salto (cm)} + 34.4 * massa \text{ corporal (kg)} - 1520.4$, proposta por Gomez-Bruton et al. (2019), que exibe $r = 0,978$ quando comparada a outras 12 equações preditivas previamente validadas.

Força dinâmica máxima

Foram empregados testes de repetições máximas, utilizando protocolo de 10 repetições máximas (RM) (Materko et al., 2007). Os exercícios adotados foram supino reto, levantamento-terra e agachamento. Previamente às tentativas, foi realizado aquecimento específico, sendo 15 repetições de supino reto, 20 repetições de agachamento e 15 repetições de levantamento-terra, todos utilizando como carga externa apenas a barra de levantamento olímpico pesando 20 kg. Visando à padronização do encontro, foram adotadas as estratégias: i) aquecimento específico; ii) padronização da explicação dada aos sujeitos antes da realização do teste; iii) feedback e encorajamento extrínseco foram adotados durante a realização dos testes; iv) as massas de anilhas, barras e halteres serão aferidas com balança de precisão e; v) padronização da cadência excêntrica e concêntrica durante a realização do teste, sendo fixadas em 3 seg para cada fase. Todos os indivíduos tiveram, no máximo, cinco tentativas com intervalos entre 3 e 5 min entre cada uma delas (Materko et al., 2007; Fermino et al., 2008).

Análise estatística

Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Para análises descritivas das variáveis dependentes, uma vez a normalidade assumida, foram utilizadas médias \pm desvio padrão. Para comparação entre grupos e momentos, foi empregada ANOVA two-way, com post-hoc de Bonferroni para identificar as diferenças significativas. Os valores estimados de tamanho de efeito (TE) foram calculados a partir do d de Cohen, adotando a classificação de magnitude trivial ($\leq 0,20 - 0,49$), moderado ($0,50 - 0,79$) e grande ($\geq 0,80$) (Durlak, 2009). Ainda, foi apresentada a variação percentual ($\Delta\%$), calculada através

equação: $\Delta\% = [(\text{valor final} - \text{valor inicial}) / \text{valor inicial}] \times 100$. O nível de significância estatística adotado foi de $\alpha = 0,05$ e, para todas as análises, houve a utilização do pacote estatístico SPSS 20.0.

Resultados

Durante o processo de intervenção, 13 indivíduos foram excluídos do estudo, sendo 3 por lesão e 10 por desligamento do clube. Deste modo, a amostra contou com 27 atletas, sendo 14 atletas no grupo HIIT-MM_{sub} e 13 no grupo HIIT-MM_{max}.

Referente às variáveis de massa corporal e %GC, em ambas não foram encontradas diferenças significativas para momentos e grupos, além de um tamanho de efeito pequeno. Já a RAM e VO_{2max}, tanto no grupo HIIT-MM_{sub}, quanto no grupo HIIT-MM_{max}, apresentaram melhoras estatísticas nos momentos de 7 e 14 semanas, com tamanho de efeito grande. Ainda, a única diferença significativa entre grupos foi reportada no momento pré intervenção para VO_{2max}.

Acerca da velocidade, foi verificado que o grupo no grupo HIIT-MM_{sub} após 7 semanas de intervenção não apresentou melhora estatística quando comparado a linha de base. Todavia, após 14 semanas, melhoras nos tempos de sprint foram verificadas no S10 e S20 em comparação ao momento pré intervenção e pós 7 semanas de treinamento. Ademais, no grupo HIIT-MM_{max}, para S10 e S20, apenas foram identificadas melhorias estatísticas após 14 semanas em comparação ao momento pré.

Sobre as variáveis de SJ, CMJ e PMI, em ambos os grupos, foram identificadas melhoras estatísticas no após 14 semanas em relação aos demais momentos. Porém, apenas no grupo HIIT-MM_{sub} foi observado aumento significativo no desempenho de CMJ e PMI no momento 7 semanas em comparação aos valores pré.

Para as variáveis de força, os grupos HIIT-MM_{sub} e HIIT-MM_{max} apresentaram melhoras significativas tanto no momento 7 semanas em relação à linha de base, quanto no momento 14 semanas em relação ao momento 7 semanas. Ainda, ressalta-se que, apesar da diferença de cargas externas manipuladas, diferenças entre grupos e interações não foram encontradas.

Tabela 1. Comportamento das variáveis antropométricas e de desempenho físico nos grupos HIIT-MMsub (n=14) e HIIT-MMmax (n=13).

	HIIT-MM submáximo				HIIT-MM máximo				Grupo	Interação
	Linha de base	7 semanas	14 semanas	Linha de base	7 semanas	14 semanas	Momento			
Massa corporal (kg)	65,68 ± 2,19	64,42 ± 1,79	65,88 ± 1,58	65,55 ± 2,71	65,47 ± 2,09	66,48 ± 1,60	0,135	0,856	0,235	
Gordura corporal (%)	10,10 ± 1,28	9,47 ± 1,04	8,55 ± 0,73	9,31 ± 1,19	8,70 ± 0,87	8,50 ± 0,63	0,059	0,633	0,759	
Resistência aeróbia máxima (m)	1065,71 ± 59,61	1433,14 ± 80,28*	1645,71 ± 93,79**	1131,68 ± 93,90	1270,79 ± 82,01	1576,32 ± 116,67**	<0,001	0,665	0,034	
VO₂max (ml.kg/min)	45,35 ± 0,50 [§]	47,53 ± 1,06*	50,22 ± 0,78**	42,29 ± 1,17 [§]	47,07 ± 0,68*	48,26 ± 1,29*	<0,001	0,047	0,257	
Sprint 10m (s)	1,80 ± 0,01	1,76 ± 0,01	1,73 ± 0,01**	1,81 ± 0,02	1,75 ± 0,01*	1,74 ± 0,01*	<0,001	0,975	0,575	
Sprint 20m (s)	3,08 ± 0,03	3,02 ± 0,03	2,95 ± 0,02**	3,08 ± 0,02	2,99 ± 0,02*	2,95 ± 0,03*	<0,001	0,766	0,609	
SJ (cm)	33,64 ± 1,30	34,73 ± 0,91	36,88 ± 1,46**	34,42 ± 0,91	35,70 ± 0,88	38,24 ± 0,81**	<0,001	0,512	0,916	
CMJ (cm)	33,08 ± 1,44	36,54 ± 1,52*	39,04 ± 1,36**	35,20 ± 0,91	36,60 ± 1,07	40,27 ± 0,89**	<0,001	0,484	0,067	
PMI (W)	2472,14 ± 102,42	2610,54 ± 84,58*	2791,91 ± 74,54**	2588,18 ± 102,62	2650,24 ± 96,69	2881,86 ± 91,29**	<0,001	0,517	0,348	
Supino (kg)	50,10 ± 2,03	55,82 ± 2,45*	63,41 ± 2,39**	49,77 ± 2,92	58,39 ± 2,93*	63,65 ± 2,65**	<0,001	0,817	0,145	
Agachamento (kg)	85,16 ± 4,48	105,65 ± 5,57*	121,87 ± 6,95**	90,04 ± 7,19	105,40 ± 6,92*	121,01 ± 6,29**	<0,001	0,846	0,532	
Levantamento Terra (kg)	78,94 ± 2,79	102,51 ± 2,84*	113,39 ± 3,09**	86,18 ± 3,56	103,41 ± 3,23*	114,80 ± 3,60**	<0,001	0,922	0,849	

*Diferença estatística significativa para o momento pré.

#Diferença estatística significativa para o momento 7 semanas.

§Diferença estatística significativa entre grupos.

Tabela 2. Dados de variação percentual e tamanho de efeito nos grupos HIIT-MM_{sub} (n=14) e HIIT-MM_{max} (n=13).

	HIIT-MM submáximo		HIIT-MM máximo	
	$\Delta\%$ 7 semanas (TE)	$\Delta\%$ 14 semanas (TE)	$\Delta\%$ 7 semanas (TE)	$\Delta\%$ 14 semanas (TE)
Massa corporal (kg)	-1,91 (-0,16)	0,30 (0,03)	-0,12 (-0,01)	0,93 (0,10)
Gordura corporal (%)	-6,23 (-0,13)	-15,34 (-0,33)	-6,55 (-0,15)	-8,70 (-0,20)
Resistência aeróbia máxima (m)	34,47 (1,65)	54,42 (2,58)	12,29 (0,42)	39,29 (1,32)
VO₂max	4,80 (1,12)	10,73 (2,58)	11,30 (1,17)	14,11 (1,44)
Sprint 10m (s)	-2,22 (-1,09)	-3,88 (-1,91)	-3,31 (-0,86)	-3,86 (-1,01)
Sprint 20m (s)	-1,94 (-0,54)	-4,22 (-1,19)	-2,92 (-1,27)	-4,22 (-1,79)
SJ (cm)	3,24 (0,23)	9,63 (0,68)	3,71 (0,40)	11,10 (1,19)
CMJ (cm)	10,45 (0,65)	18,01 (1,13)	3,98 (0,43)	14,40 (1,58)
PMI (W)	5,60 (0,37)	12,93 (0,86)	2,39 (0,17)	11,34 (0,81)
Supino (kg)	11,41 (0,76)	26,56 (1,77)	17,31 (0,83)	27,88 (1,35)
Agachamento (kg)	24,06 (1,23)	43,10 (2,17)	17,05 (0,61)	34,39 (1,22)
Levantamento Terra (kg)	29,85 (2,27)	43,64 (3,35)	19,99 (1,37)	33,20 (2,27)

VO₂max= Consumo máximo de oxigênio; SJ= Squat Jump; CMJ= Countermovement Jump; PMI= Potência de membros inferiores.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo quantificar o impacto do HIIT-MM realizado com diferentes cargas no desempenho físico de jovens atletas de futebol. Como principais achados, destaca-se que tanto o grupo HIIT-MM_{sub} quanto o HIIT-MM_{max} apresentaram melhoras significativas após 7 e 14 semanas de intervenção, mas sem diferenças entre os grupos.

Acerca da composição corporal, é amplamente documentado na literatura científica os efeitos positivos do HIIT para a redução da gordura corporal (Viana et al., 2019; Sun et al., 2024). Estudos prévios têm apresentado um efeito positivo do HIIT-MM quanto a perda de %GC (Brown et al., 2018; Brisebois et al., 2018; Mang et al.; 2023), diferentemente do presente estudo, onde a intervenção realizada não acarreta em impactos significativos nessa variável. Todavia, a disparidade entre resultados pode estar diretamente ligada às características dos participantes dos estudos no momento da linha de base, uma vez que os mesmos se propuseram a investigar o efeito do HIIT-MM em mulheres (Buckley et al., 2015) e homens inativos (Brisebois et al., 2018), com valores de %GC de $23,02 \pm 2,69 \%$ e $36,38 \pm 11,37$, respectivamente, superiores ao do presente estudo, onde os participantes apresentaram valores de $10,10 \pm 1,28\%$, o que evidencia a menor responsividade de indivíduos com níveis de treinamento superior.

O aprimoramento da RAM e do VO_{2max} , que é um indicador direto do desempenho aeróbio, reforça os dados de estudo prévio, onde foi evidenciado o potencial do HIIT-MM_{max} no desenvolvimento desta variável em atletas de futebol (Veiga, 2020). Ademais, outros achados de extrema importância se referem à resposta do grupo HIIT-MM_{sub}, que apresentou melhoras superiores de RAM e incremento de VO_{2max} entre a semana 7 e 14, enquanto no grupo HIIT-MM_{max} foi identificada melhora apenas dos valores de linha de base para a semana 14. Esse fato pode ser atribuído à implementação das cargas submáximas utilizadas no grupo HIIT-MM_{sub}, que durante a execução do exercício de força pode ter gerado menor desgaste muscular, fazendo com que fosse possível o aumento da intensidade em que se realizava o exercício de predominância metabólica, que reconhecidamente geram impactos fisiológicos positivos nessa variável (Buchheit & Laursen, 2013).

Referente a velocidade, capacidade física de extrema importância no futebol (Hostrup & Bangsbo, 2022), as variáveis de S10 e S20 apresentaram melhoras ao final das 14 semanas de intervenção em ambos os grupos, porém apenas no grupo HIIT-MM_{sub} foi identificada melhora significativa da semana 7 até a semana 14. Esses achados vão ao encontro dos resultados apresentados em estudo liderado por Wong et al, (2010), onde foi demonstrado que atletas expostos a 8 semanas de treinamento de força de baixo volume (4 séries de 6RM dos exercícios de puxada alta, agachamento com salto, supino, agachamento livre e barra fixa) combinado

com HIIT (16 sprints de 15 segundos a 120% da velocidade aeróbica máxima, com 15 segundos de descanso) apresentaram melhoras no tempo nos testes de 10 e 30 m. A similitude entre os resultados pode estar diretamente relacionado ao fato do estudo mencionado ter realizado a sessão de HIIT exclusivamente com sprints, o que poderia gerar adaptações orgânicas propícias para o aprimoramento de velocidade.

Os resultados oriundos das variáveis de SJ, CMJ e PMI evidenciam a eficácia de protocolos que implementam HIIT-MM para o aprimoramento da altura de salto de jovens atletas de futebol, uma vez que tanto o grupo HIIT-MMsub, quanto o grupo HIIT-MMmax, apresentam melhoras significativas nos diferentes momentos observados. Indo ao encontro de nossos achados, Brown et al. (2018) conduziram um processo de intervenção onde mulheres foram randomizadas em grupos HIIT-MM (n=9) e HIIT realizado em remoergômetro (n=6) por 12 semanas, onde o primeiro grupo realizava um protocolo estruturado em 6-8 repetições de exercício de força, 8-10 repetições de exercício acessório e, até o término do bloco, um exercício com alta requisição metabólica. No final do processo de intervenção, foi reportado que a altura de salto, aferida por meio de salto horizontal, apresentou melhora significativa, corroborando com nossos achados. A semelhança entre os estudos pode se dar devido à realização de esforços com sobrecarga em alta velocidade de execução, características estas que são solidamente descritas e associadas na literatura científica com os ganhos de potência (Veiga et al., 2020).

Em relação à capacidade física de força, o HIIT-MM, seja realizado com carga máxima ou submáxima, demonstrou resultados positivos nos dois momentos avaliados. Em investigação conduzida por Buckley et al. (2015), 28 mulheres recreacionalmente ativas foram expostas a 6 semanas de intervenção. As participantes foram aleatoriamente randomizada em dois grupos: ROW-HIIT, que realizava sessão unimodal com emprego de remo ergômetro (6x 1 min all-out : 3 min) e; HIIT-MM, que tinha a mesma estruturação da sessão, entretanto, durante o período de esforço, era realizado 4-6 repetições de exercício de força, 8-10 repetições de exercício acessório e, até o término do bloco, ocorria a realização de exercício com alta requisição metabólica. Como resultados, o grupo ROW-HIIT não apresentou ganhos significativos em parâmetros neuromusculares. Por outro lado, o grupo que realizou o HIIT-MM apresentou aumento significativo ($p < 0,01$ para todos) nos valores de repetições máximas no agachamento (39%), supino (27%),

levantamento terra (18%), distância do salto (6%) e resistência de agachamento (280%). Esses achados vão ao encontro dos apresentados em Veiga (2020), onde o objetivo do estudo era comparar o impacto do HIIT-MM e do treinamento de força tradicional em diferentes capacidades físicas. Para tal, 20 atletas de futebol juvenil (n=20) foram alocados em dois grupos (grupo HIIT-MM e grupo TRAD) durante uma intervenção de 16 semanas. Como principais achados, foi destacado que ambos os grupos melhoraram o desempenho de força medida através dos testes de supino, agachamento e levantamento-terra, sendo que o grupo HIIT-MM apresentou aumentos de 35%, 21% e 19%, respectivamente. Essas informações apoiam os achados do presente estudo, onde os dois grupos, ao final de 14 semanas, apresentaram melhoras também no teste de força empregando supino, agachamento e levantamento-terra. Ainda, nosso estudo também identificou melhora após 7 semanas de intervenção nos grupos estudados, o que indica o fato do modelo de esforço poder gerar benefícios em períodos de tempo mais curtos.

Porém, como toda pesquisa oriunda de um processo de intervenção, o presente estudo apresenta limitações, destacando-se o tamanho amostral. Todavia, visando atenuar esse viés, possibilitamos a participação de todos os atletas do único clube esportivo local.

Conclusão

O presente estudo conclui que o HIIT-MM, seja realizado com cargas submáximas ou moderadas, em um período de 14 semanas, foi capaz de gerar sem distinção, o desempenho na aptidão cardiorrespiratória, velocidade, altura de salto, potência de membros inferiores e força dinâmica máxima. Entretanto, apenas o grupo HIIT-MM_{sub} foi capaz de proporcionar melhoras no VO₂max e velocidade entre a semana 7 e 14.

Do ponto de vista prático, nosso estudo traz à luz achados importantes. Primeiramente, o fato de protocolos de HIIT-MM implementando cargas mais brandas, sem que haja prejuízo no desempenho físico, pode acarretar em menor estresse muscular, otimizando, assim, o processo de recuperação desses atletas. Além disso, a possibilidade de utilização de um método de treinamento que demanda pouco investimento de tempo e que oportuniza o aprimoramento de diferentes capacidades físicas de modo concomitante é um fator de extrema

importância, considerando o calendário congestionado da modalidade e o curto período disponível para intervenções do profissional responsável pela preparação física.

Referências

SUN, Fucheng et al. Effect of eight-week high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training programme on body composition, cardiometabolic risk factors in sedentary adolescents. *Frontiers in Physiology*, v. 15, p. 1450341, 2024.

VIANA, Ricardo Borges et al. Is interval training the magic bullet for fat loss? A systematic review and meta-analysis comparing moderate-intensity continuous training with high-intensity interval training (HIIT). *British journal of sports medicine*, 2019.

BRISEBOIS, Matthew F.; RIGBY, Brandon R.; NICHOLS, David L. Physiological and fitness adaptations after eight weeks of high-intensity functional training in physically inactive adults. *Sports*, v. 6, n. 4, p. 146, 2018.

BUCHHEIT, Martin; LAURSEN, Paul B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine*, v. 43, n. 5, p. 313-338, 2013.

HOSTRUP, Morten; BANGSBO, Jens. Performance adaptations to intensified training in top-level football. *Sports Medicine*, v. 53, n. 3, p. 577-594, 2023.

MANG, Zachary A.; VIGIL, Eric D.; BEAM, Jason R. Utilizing multimodal high-intensity interval training for a firefighter training academy during the COVID-19 pandemic. *Work*, v. 75, n. 4, p. 1153-1163, 2023.

WONG, Pui-lam et al. Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 24, n. 3, p. 653-660, 2010.

VEIGA, Rousseau Silva da. Efeitos de 16 semanas do treinamento intervalado de alta intensidade-multimodal em jovens atletas de futebol. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

SILVA, Joao Renato. The soccer season: performance variations and evolutionary trends. *PeerJ*, v. 10, p. e14082, 2022.

GUALTIERI, Antonio et al. High-speed running and sprinting in professional adult soccer: Current thresholds definition, match demands and training strategies. A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, v. 5, 2023.

GUALTIERI, Antonio et al. High-speed running and sprinting in professional adult soccer: Current thresholds definition, match demands and training strategies. A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, v. 5, 2023.

LOTURCO, Irineu et al. Mixed training methods: effects of combining resisted sprints or plyometrics with optimum power loads on sprint and agility performance in professional soccer players. *Frontiers in physiology*, v. 8, p. 1034, 2017.

JIMÉNEZ-REYES, Pedro et al. Seasonal changes in the sprint acceleration force-velocity profile of elite male soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, v. 36, n. 1, p. 70-74, 2022.

MCQUILLIAM, Stephen J. et al. Effect of High-Intensity vs. Moderate-Intensity Resistance Training on Strength, Power, and Muscle Soreness in Male Academy Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, p. 10.1519, 2022.

ARSLAN, Ersan; ORER, Gamze; CLEMENTE, Filipe. Running-based high-intensity interval training vs. small-sided game training programs: effects on the physical performance, psychophysiological responses and technical skills in young soccer players. *Biology of Sport*, v. 37, n. 2, p. 165-173, 2020.

CLEMENTE, Filipe Manuel et al. Endurance performance adaptations between SSG and HIIT in soccer players: A meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 2023.

MCRAE, Gill et al. Extremely low volume, whole-body aerobic–resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, v. 37, n. 6, p. 1124-1131, 2012.

BUCKLEY, Stephanie et al. Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, v. 40, n. 11, p. 1157-1162, 2015.

BROWN, Elise C. et al. The impact of different high-intensity interval training protocols on body composition and physical fitness in healthy young adult females. *BioResearch open access*, v. 7, n. 1, p. 177-185, 2018.

HAMMAMI, Mehrez et al. Effects of leg contrast strength training on sprint, agility and repeated change of direction performance in male soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, v. 57, n. 11, p. 1424-1431, 2017.

ASSUNÇÃO, Ari R. et al. The chronic effects of low-and high-intensity resistance training on muscular fitness in adolescents. *PloS one*, v. 11, n. 8, p. e0160650, 2016.

JACKSON, Andrew S.; POLLOCK, Michael L. Generalized equations for predicting body density of men. *British journal of nutrition*, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

BANGSBO, Jens; IAIA, F. Marcello; KRUSTRUP, Peter. The Yo-Yo intermittent recovery test. *Sports medicine*, v. 38, n. 1, p. 37-51, 2008.

KRUSTRUP, Peter et al. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 35, n. 4, p. 697-705, 2003.

MOIR, Gavin et al. Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 18, n. 2, p. 276-280, 2004.

MARKOVIC, Goran et al. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 18, n. 3, p. 551-555, 2004.

GOMEZ-BRUTON, Alejandro et al. Estimation of peak muscle power from a countermovement vertical jump in children and adolescents. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 33, n. 2, p. 390-398, 2019.

MATERKO, Wollner; NEVES, Carlos Eduardo Brasil; SANTOS, Edil Luis. Prediction model of a maximal repetition (1RM) based on male and female anthropometrical characteristics. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 13, p. 27-32, 2007.

FERMINO, Rogério César et al. Influência do aquecimento específico e de alongamento no desempenho da força muscular em 10 repetições máximas. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 13, n. 4, p. 25-32, 2008.

DURLAK, Joseph A. How to select, calculate, and interpret effect sizes. *Journal of pediatric psychology*, v. 34, n. 9, p. 917-928, 2009.

Material Suplementar 1. Estrutura das sessões de treino HIIT-MM

	Terça-feira	Quinta-feira
Semana 1	4-6 Levantamento terra 8-10 Elevação lateral Polichinelo até o final dos 60 seg	4-6 Floor press 8-10 Nórdico Corda naval até o final dos 60 seg
Semana 2	4-6 Agachamento livre com barra 8-10 Rosca direta Salto vertical até o final dos 60 seg	4-6 Remada cavaleiro 8-10 Sissy Squat Slam Ball até o final dos 60 seg
Semana 3	4-6 Stiff 8-10 Extensão tríceps Skipping até o final dos 60 seg	4-6 Push press 8-10 Panturrilha Wall ball até o final dos 60 seg
Semana 4	4-6 Levantamento terra 8-10 Elevação lateral Polichinelo até o final dos 60 seg	4-6 Floor press 8-10 Nórdico Corda naval até o final dos 60 seg
Semana 5	4-6 Agachamento livre com barra 8-10 Rosca direta Salto vertical até o final dos 60 seg	4-6 Remada cavaleiro 8-10 Sissy Squat Slam Ball até o final dos 60 seg
Semana 6	4-6 Stiff 8-10 Extensão tríceps Skipping até o final dos 60 seg	4-6 Push press 8-10 Panturrilha Wall ball até o final dos 60 seg
Semana 7	4-6 Levantamento terra 8-10 Elevação lateral Polichinelo até o final dos 60 seg	4-6 Floor press 8-10 Nórdico Corda naval até o final dos 60 seg
Semana 8	4-6 Agachamento livre com barra 8-10 Rosca direta Salto vertical até o final dos 60 seg	4-6 Remada cavaleiro 8-10 Sissy Squat Slam Ball até o final dos 60 seg
Semana 9	4-6 Stiff 8-10 Extensão tríceps Skipping até o final dos 60 seg	4-6 Push press 8-10 Panturrilha Wall ball até o final dos 60 seg
Semana 10	4-6 Levantamento terra 8-10 Elevação lateral Polichinelo até o final dos 60 seg	4-6 Floor press 8-10 Nórdico Corda naval até o final dos 60 seg
Semana 11	4-6 Agachamento livre com barra 8-10 Rosca direta Salto vertical até o final dos 60 seg	4-6 Remada cavaleiro 8-10 Sissy Squat Slam Ball até o final dos 60 seg
Semana 12	4-6 Stiff 8-10 Extensão tríceps Skipping até o final dos 60 seg	4-6 Push press 8-10 Panturrilha Wall ball até o final dos 60 seg
Semana 13	4-6 Levantamento terra 8-10 Elevação lateral Polichinelo até o final dos 60 seg	4-6 Floor press 8-10 Nórdico Corda naval até o final dos 60 seg
Semana 14	4-6 Agachamento livre com barra 8-10 Rosca direta Salto vertical até o final dos 60 seg	4-6 Remada cavaleiro 8-10 Sissy Squat Slam Ball até o final dos 60 seg

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

(Nota à imprensa)

A busca por novas possibilidades de treinamento, balizadas pela ciência, é um dos principais objetivos do Laboratório de Estudos em Esporte Coletivo (LEECol). Desse modo, foi realizada uma parceria com o Esporte Clube Pelotas, com o objetivo de buscar métodos inovadores para o aprimoramento do desempenho físico dos atletas da categoria de base. Para isso, foram testados dois protocolos de um mesmo método de treinamento (HIIT-MM), buscando identificar possíveis diferenças entre eles, explorando sua aplicação prática.

Ao final das 14 semanas da intervenção realizada, reforça a aplicabilidade do HIIT-MM no futebol, melhorando capacidades físicas de extrema importância para a modalidade, como a força, velocidade, potência e aptidão cardiorrespiratória. Do ponto de vista prático, nosso estudo traz à luz achados valiosos. Primeiramente, o fato de protocolos de HIIT-MM fazendo a implementação de cargas mais brandas, sem que haja prejuízo no desempenho físico, pode acarretar em menor estresse muscular, otimizando, assim, o processo de recuperação desses atletas. Além disso, a possibilidade de utilização de um método de treinamento que demanda pouco investimento de tempo e que oportuniza o aprimoramento de diferentes capacidades físicas de modo concomitante, que é um fator de extrema importância, considerando o calendário congestionado da modalidade e o curto período disponível para intervenções do profissional responsável pela preparação física.

5 FECHAMENTO DA TESE

A presente tese de doutorado teve como principal objetivo mensurar os efeitos do HIIT-multimodal realizado com diferentes cargas em jovens atletas de futebol. Desse modo, o estudo concluiu que o HIIT-MM, seja realizado com cargas submáximas ou moderadas, em um período de 14 semanas, foi capaz de gerar sem distinção, o desempenho na aptidão cardiorrespiratória, velocidade, altura de salto, potência de membros inferiores e força dinâmica máxima. Ainda, parece que a utilização de cargas submáximas podem proporcionar melhoras superiores no VO₂max e velocidade entre a semana 7 e 14.

Além do artigo apresentado, outros produtos foram gerados a partir de dados secundários, como os artigos:

Artigos:

"Change of direction in soccer: The relationship with different physical abilities", aceito para publicação na Revista Brasileira de Ciências do Esporte.

"Aplicação de cargas mistas no futebol: uma breve revisão da literatura", aceito para publicação na Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício.

Apresentação de trabalho:

"Mudança de direção no futebol: A relação com diferentes habilidades físicas", apresentado no XV ENPÓS.

Palestras:

"Treinamento de força aplicado às modalidades esportivas coletivas", apresentada na Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia.

"Treinamento multimodal em jovens", apresentada no 41º. Simpósio Nacional de Educação Física.

Para além dos produtos, existe o impacto pessoal. Durante o período no PPGEF/UFPel, tive a oportunidade de lidar com diferentes pessoas, laboratórios, projetos de extensão, universidades e de resolver problemas de naturezas distintas. Acredito que, de fato, essas oportunidades me trouxeram até o ponto de maturidade acadêmica atual, fazendo-me enxergar que um Doutor é responsável por muito mais do que publicar artigos, mas sim desenvolver pessoas e, principalmente, gerar oportunidades.

6 PRODUTOS SECUNDÁRIOS

**APLICAÇÃO DE CARGAS MISTAS NO FUTEBOL: UMA BREVE REVISÃO DA
LITERATURA**

Rousseau Silva da Veiga¹
Eraldo dos Santos Pinheiro¹

¹Universidade Federal de Pelotas, RS, Pelotas, Brasil.

E-mail dos autores:
rousseauveiga@gmail.com

Autor correspondente:
Rousseau Silva da Veiga
Luís de Camões, 625, Pelotas, RS.
(53) 98110-8954

RESUMO

O desenvolvimento de capacidades físicas é crucial para o desempenho esportivo, especialmente no futebol, uma modalidade que exige elevada preparação física. Este estudo explora o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade Multimodal (HIIT-MM) e sua aplicabilidade no futebol, destacando sua capacidade de integrar diferentes estímulos físicos, como força, potência e condicionamento cardiorrespiratório, em sessões otimizadas. Além de eficiente em termos de tempo, o HIIT-MM promove adaptações fisiológicas que potencializam o desempenho e reduzem o risco de lesões. A literatura evidencia que métodos de treinamento com cargas mistas são amplamente empregados no futebol, permitindo o desenvolvimento simultâneo de valências como força, velocidade e potência muscular. Estudos analisados apontam a relevância do treinamento pliométrico combinado a esforços resistidos e sprints repetidos, com impacto significativo em variáveis como salto, velocidade linear e mudança de direção. Contudo, a eficácia desses métodos depende de uma organização adequada das variáveis de treinamento, como volume, intensidade e períodos de recuperação. No contexto brasileiro, a variabilidade nos métodos aplicados por clubes de diferentes níveis reforça a necessidade de maior compartilhamento de práticas e pesquisas que ampliem o entendimento sobre estratégias eficazes. Assim, o HIIT-MM se apresenta como uma alternativa promissora, capaz de atender às demandas específicas do futebol, ao mesmo tempo que otimiza a agenda apertada dos atletas. Este estudo contribui para a compreensão e a aplicação de métodos de treinamento integrados, fornecendo subsídios para treinadores e profissionais que buscam maximizar a performance de seus atletas.

Palavras-chave: esporte, treinamento físico, futebol, atletas.

ABSTRACT

The development of physical capacities is crucial for sports performance, especially in football, a discipline that demands a high level of physical preparation. This study explores High-Intensity Interval Training Multimodal (HIIT-MM) and its applicability in football, emphasizing its ability to integrate various physical stimuli, such as strength, power, and cardiorespiratory conditioning, into optimized sessions. In addition to being time-efficient, HIIT-MM promotes physiological adaptations that enhance performance and reduce injury risk. The literature shows that mixed-load training methods are widely employed in football, allowing the simultaneous development of attributes such as strength, speed, and muscular power. Analyzed studies highlight the relevance of combining plyometric training with resisted efforts and repeated sprints, significantly impacting variables such as jumping, linear speed, and change of direction. However, the effectiveness of these methods depends on the proper organization of training variables, such as volume, intensity, and recovery periods. In the Brazilian context, variability in the methods applied by clubs at different levels underscores the need for greater sharing of practices and research to deepen the understanding of effective strategies. Thus, HIIT-MM emerges as a promising alternative, capable of meeting the specific demands of football while optimizing athletes' tight schedules. This study contributes to the understanding and application of integrated training methods, providing resources for coaches and professionals seeking to maximize their athletes' performance.

Keywords: sport, physical training, football, athletes.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de capacidades físicas é essencial para o sucesso no esporte de alto rendimento. A constante evolução da ciência do esporte tem proporcionado métodos de treinamento cada vez mais eficientes, capazes de aprimorar diversas valências físicas de forma concomitante (Jiménez-Reyes et al., 2022). Entre essas metodologias, o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade Multimodal (HIIT-MM) tem se destacado como uma abordagem inovadora e eficaz. Diferente do HIIT tradicional, que foca principalmente no condicionamento cardiorrespiratório, o HIIT-MM integra exercícios que também promovem ganhos neuromusculares significativos (Buckley et al., 2015). Estudos recentes mostram que este método pode proporcionar melhorias substanciais em potência aeróbia, força muscular e resistência, atendendo às demandas de modalidades esportivas que exigem um alto nível de preparo físico, como o futebol (Falces-Prieto et al., 2021).

A aplicação do HIIT-MM no contexto esportivo é promissora não apenas por sua capacidade de otimizar o desempenho físico, mas também por sua eficiência em termos de tempo. A estruturação das sessões de HIIT-MM permite que diferentes capacidades físicas sejam trabalhadas de maneira integrada, o que é particularmente vantajoso para atletas que possuem agendas de treinamento apertadas (Brown et al., 2018). Além disso, a combinação de esforços de alta intensidade com exercícios de força e potência pode resultar em adaptações fisiológicas abrangentes, melhorando tanto a performance quanto a prevenção de lesões. Diante disso, explorar as potencialidades do HIIT-MM e suas aplicações práticas pode oferecer insights valiosos para treinadores e atletas que buscam maximizar seu desempenho competitivo.

Treinamento físico no futebol

No Brasil, o futebol é uma modalidade esportiva amplamente difundida e praticada, acarretando no envolvimento de crianças e adultos, seja na prática escolar (Wang et al., 2023), recreacional (Milanovic et al., 2015), ou visando alto nível de performance (Boraczyński et al., 2022; Thomakos et al., 2023). Com isso, ao longo do tempo, o país se tornou um exportador de talentos, colocando-se entre os países com os maiores números de negociações, e assim, tendo os atletas brasileiros disputando e sendo destaques nas ligas mais competitivas e prestigiadas

ao redor do mundo (Loturco et al., 2022). Porém, até que isso aconteça, existe um processo a ser seguido, que visa o aprimoramento de capacidades técnicas, táticas e físicas (De Dios-Álvarez et al., 2021; Luo et al., 2022; Lechner et al., 2023).

O treinamento físico aplicado ao futebol segue uma sistematização distinta entre clubes, uma vez que o calendário e intervalo entre jogos apresentam diferenças, que se dá conforme a divisão nacional e estadual disputada (Loturco et al., 2022). Assim, seja por necessidade ou estratégia, é comum identificar diferentes métodos de treinamento nas rotinas das equipes, evidenciando os treinamento de pliometria (Loturco et al., 2017), velocidade (Mathieu et al., 2022b; Jiménez-Reyes et al., 2022), força (Mcquilliam et al., 2022) e aptidão cardiorrespiratória (Arslan et al., 2022). Visto isso, sintetizar e documentar as informações acerca do desenvolvimento de força e condicionamento de atletas de futebol brasileiros, é algo extremamente complexo e dificultoso, uma vez que poucos profissionais externalizam suas práticas de rotina (Weldon et al., 2021). Esses dados são de extrema importância, uma vez que é interessante fornecer à comunidade internacional, bem como aos novos treinadores, um panorama, de como os atletas passam pelo processo de avaliação, de treinamento físico e de como é organizada a rotina de treinamentos (Loturco et al., 2022).

Acerca da pliometria, esta tende a se aparecer entre os treinos mais empregados nas sessões voltadas aos aspectos físicos aplicados ao futebol (Weldon et al., 2021; Loturco et al., 2022). Estudos prévios têm mostrado que a capacidade de salto é de extrema importância para a modalidade e apresenta forte correlação com outras capacidades físicas importantes, como velocidade (Coelho et al., 2011; Lin et al., 2023), força (Pereira et al., 2022) e potência de membros inferiores (Loturco et al., 2020). Assim, protocolos de treino que desenvolvam essa variável são as mais comuns rotinas de clubes brasileiros (Loturco et al., 2022) e do cenário internacional (Weldon et al., 2021). Em estudo de Weldon et al. (2021), foi proposto descrever as práticas contemporâneas de 45 profissionais que eram responsáveis pelo processo de desenvolvimento de força e condicionamento em clubes de futebol de elite de 18 países distintos. Na apresentação dos resultados, é salientado que todos os participantes incluem treinamento pliométrico em seus planejamentos, sendo 55% em fase de pré-temporada, 53% dentro da temporada competitiva e, deste total, 41% utilizavam durante o ano todo, tendo como as finalidades mais relatadas os ganhos de potência (87%) e aprimoramento de

velocidade (81%), majoritariamente prescritos com saltos múltiplos (89%). Ademais, este tipo de treino, comumente, é realizado em sessões que incorporam cargas mistas, como o treinamento complexo (Thapa et al., 2021) e combinado (D'alleva et al., 2023; Thomakos et al., 2023).

Ainda, entre as capacidades físicas com maior frequência ao longo do processo de treinamento físico no futebol, evidencia-se a velocidade de corrida (Weldon et al., 2021; Loturco et al., 2022; Thoseby et al., 2023). Estudos mostram que ações de extrema importância durante a partida ocorrem em paralelo com essa valência, como ações de ataque, contra-ataque, além de transições ofensivas e defensivas (Fernandez-Navarro et al., 2016). Algo que deve ser chamado a atenção é que, seja no cenário nacional ou internacional, a velocidade de corrida tende a ser aprimorada, preferencialmente, por meio do treinamento pliométrico, seguido de pelo treinamento de velocidade de corrida realizado de modo específico (Weldon et al., 2021; Loturco et al., 2022). Este fato parece estar fortemente atrelado à grande frequência das atividades que envolvem esforços pliométricos, uma vez que estes são inseridos nos treinos de potência de membros inferiores e velocidade (Turner et al., 2014; Lechner et al., 2023).

Em estudo conduzido por Loturco et al. (2022), foi proposto caracterizar as práticas de força e condicionamento nos planejamentos de 49 preparadores físicos brasileiros (idade: $40,4 \pm 7,5$ anos, experiência profissional: $15,3 \pm 7,5$ anos). Nos resultados sobre frequência de treinos presentes nos planejamentos semanais, destacou-se a pliometria (76%), sendo que 86% desses preparadores físicos reportam como principal motivo para empregar exercícios pliométricos o aprimoramento da velocidade, que ocorre por meio de transferência devido à relação forte que existe entre as capacidades físicas de salto e corrida (Loturco et al., 2015). Sobre os treinos de força e potência, foi apresentado que 94% dos profissionais envolvidos não seguem um modelo de periodização previamente estabelecido, realizando ajustes constantes nos treinos, e apenas 6% segue um planejamento fixo, independente da variação no estado de prontidão dos atletas ou agenda a ser cumprida. Ainda, é descrito que os treinos de força são prescritos, na maioria (80%), entre 2 e 3 sessões ao longo da semana, sendo que 69% dos preparadores físicos entrevistados reportaram que estes encontros são conciliados com o treinamento específico da modalidade, o que é compreensível, considerando

a alta demanda de atividades a serem realizadas semanalmente (Turner et al., 2014).

Acerca dos intervalos entre as sessões de treinamento voltadas para força e condicionamento, estudos reportam que períodos prolongados (36h e 48h) tendem a ser priorizados, quando comparados a períodos menores (12h e 24h) (Loturco et al., 2022). Ressalta-se que, diversos fatores são considerados para que o espaçamento entre sessões de treino sejam estabelecidos, como a alta demanda física exigida durante o jogo de futebol (Akyildiz et al., 2022; Silva et al., 2022), quantidade e qualidade de sono (Yabroudi et al., 2021; Costa et al., 2023), bem como o tempo de viagem que é realizada, que podem demandar horas, considerando a dimensão intercontinental do território brasileiro e o tráfego, seja terrestre ou aéreo (Barreira, 2018).

Estes apontamentos mostram que, apesar de todas as diferenças e similitudes que existem nos planejamentos e rotinas das equipes, o aprimoramento das capacidades físicas é tema tratado com extrema importância dentro do futebol. Uma vez compreendida essa necessidade, faz-se oportuno que a ciência do esporte avance no sentido de proporcionar aos treinadores o entendimento sobre diferentes métodos de treinamento, oportunizando que as sessões de treinamento sejam estruturadas com qualidade, contemplando as diferentes necessidades existentes na modalidade esportiva em questão.

Treinamento físico com cargas mistas no esporte

O desempenho físico nas modalidades esportivas é produto de uma série de combinações entre esforços de predominância metabólicas e neuromusculares (Silva et al., 2022). Com o avanço dos anos, muitas estratégias foram pensadas visando esse incremento de performance, com ênfase naquelas que envolvem o treinamento resistido, visto sua importância para o aprimoramento de capacidades físicas como força e potência muscular (Suchomel et al., 2018). Todavia, outras possibilidades têm surgido e ganhando apelo entre pesquisadores e treinadores devido ao seu alto potencial (Loturco et al., 2017).

Métodos de treinamento que fazem aplicação de cargas mistas durante seu período de esforço vêm sendo cada vez mais empregados nas modalidades esportivas coletivas, tendo seus primeiros documentos reportados ainda no século passado (Kang et al., 2022; Michailidis et al., 2023). O conceito de carga mista é

pautado na combinação de diferentes capacidades físicas onde, em determinado momento do período de esforço há uma alteração da valência enfatizada (Loturco et al., 2017). Estudos prévios têm mostrado que, com a aplicação dessas cargas, é possível se apropriar dos benefícios de diferentes treinamentos, desenvolvendo capacidades físicas distintas durante a mesma sessão de treino (Loturco et al., 2017), o que parece ser interessante, uma vez que permite que os atletas façam treinos com alta qualidade, sem que haja investimento de tempo demasiado (Buckley et al., 2015). Todavia, considerando que as modalidades esportivas coletivas apresentam suas distinções e necessidades, essas cargas apresentam diferentes organizações, o que acarreta em diferentes resultados, fazendo com que a seleção dos exercícios realizados exerça um papel fundamental nesse processo (Falces-Prieto et al., 2021).

Em estudo recente, liderado por Scott et al., (2023), visava comparar o impacto do treinamento de resistência variável com o treinamento complexo durante a temporada regular. Para tal, foram envolvidos 24 atletas de rugby league do sexo masculino, que eram alocados em 3 grupos distintos: treinamento com resistência variável (TRV; N = 8); treinamento complexo (TC; N=8) e; grupo controle (C; N= 8). Os grupos experimentais completaram um período de 6 semanas (2x/semana) de treinamento, que consistia na combinação de exercícios resistidos com cargas altas e pliometria na mesma sessão. O grupo TRV realizou exercícios resistidos a 70% de 1 repetição máxima (1RM) e tinha uma variação de carga de até 23% da carga, com 1 min e 30 seg de recuperação; enquanto o grupo TC executava esforços com 93% de 1 RM, com intervalo de 4 min entre séries. Força no agachamento, potência de membros inferiores, índice de força reativa e tempos de sprint foram avaliados pré e pós-treinamento. Como resultados, foi reportado que ambos os protocolos incrementaram as variáveis de força no agachamento, potência de membros inferiores e velocidade no tempo de sprint 5m, tendo os tempos de 10 e 20m terem melhorado no grupo TC. Esses resultados reforçam a aplicabilidade da combinação de esforços para o rugby league como um instrumento para aprimoramento para as variáveis de velocidade, força e potência, mesmo que durante a temporada regular.

Em metanálise conduzida por Kang et al. (2022), foram sintetizados os resultados de 7 estudos que investigaram os efeitos do treinamento concorrente comparado ao HIIT e do treinamento de força tradicional em atletas de modalidades

esportivas coletivas. Como resultados, é mostrado que tanto o treinamento concorrente quanto o treinamento de força tradicional foram capazes de desenvolver a potência de membros inferiores, sem diferença estatística entre métodos de treino. Porém, o treinamento concorrente teve um efeito significativo no desenvolvimento da força de membros inferiores. Ainda, esta metanálise concluiu que o treinamento de força tradicional, quando combinado ao HIIT, não apresenta efeito de interferência na aptidão física. Todavia, a quantidade de estudos incluídos, e que tinham a capacidade aeróbia como desfecho, eram insuficientes para que uma estatística de inferência fosse realizada, fazendo com que tal afirmação não seja suportada pelo documento em questão. Assim, esses dados reforçam a necessidade de aprofundamento do conhecimento acerca da combinação de esforços com predominância aeróbia e neuromuscular, aplicados às modalidades esportivas coletivas.

Aplicação de cargas mistas no futebol

A aplicação de cargas mistas ao aplicado ao futebol consiste na combinação de estímulos distintos durante as sessões de treinamento, com o objetivo de desenvolver diferentes capacidades físicas de modo concomitante (Loturco et al., 2017). Este tipo de metodologia é solidamente reportada na literatura, apresentada à comunidade acadêmica em diferentes métodos de treino e organização (Falces-Prieto et al., 2021; Thapa et al., 2021; Kang et al., 2022).

Em investigação conduzida por Loturco et al. (2017), que buscou identificar os efeitos do treinamento de sprints resistidos e de pliometria quando combinados com treinamento resistido empregando carga ótima, em 18 atletas de futebol profissional que foram alocados em dois grupos: treinamento resistido + pliometria (OPL + RS; n=7) e treinamento resistido + pliometria (OPL + PL; n=11). Como resultados, foram reportados que houveram incrementos nas variáveis de SJ, CMJ e salto horizontal para o grupo OPL + PL, enquanto melhoras significativas no teste de velocidade com mudança de direção (zigue-zague), velocidade linear de 5, 10, 20 e 30m (com e sem sobrecarga), foram apresentadas nos dois grupos de treinamento em questão. Esses achados exaltam a possibilidade de aplicação de cargas mistas envolvendo treinamento resistido, sprints repetidos e pliometria para aprimoramento de diferentes capacidades físicas. Outro ponto interessante acerca

do documento em questão, é que ambos os treinamentos parecem gerar impacto positivo em diferentes distâncias, o que de fato pode otimizar o processo de treinamento de atletas de elite.

Em estudo liderado por Michailidis et al. (2023), foi verificado o efeito do treinamento pliométrico combinado à exercícios de velocidade com mudança de direção. Para tal, foram envolvidos 20 jovens atletas de futebol da categoria sub-17, randomizados em grupo controle (CON; N=9), que realizava apenas o treino específico da modalidade, e grupo intervenção (INT; N=11), que também realizava o treino específico e, de modo complementar, o treinamento combinado com pliometria e velocidade com mudança de direção por um período de 6 semanas. Entre os resultados, é apontado que a mudança de direção medida através dos testes 505 e Illinois foram aprimorados apenas no grupo INT. Porém, as variáveis de velocidade linear (10m e 30m) e salto (CMJ) não apresentaram diferenças estatísticas, que segundo os autores, teve pode ter sido impactado devido ao baixo volume do bloco de esforço pliométrico proposto. Estes dados apoiam a aplicabilidade de métodos de cargas mistas, mas reforçam a necessidade da manipulação adequada das variáveis organizacionais.

Como mencionado anteriormente, durante a prática do futebol são requisitadas diferentes capacidades físicas, executadas em alta intensidade e de modo intermitente, o que exalta a necessidade de relação entre elas (Pereira et al., 2022; Akyildiz et al., 2022). Assim, protocolos de treinamento que implementam diferentes valências físicas, de modo intervalado e alta intensidade, podem contemplar a necessidade da modalidade.

Treinamento intervalado de alta intensidade multimodal

A busca pelo aumento de performance é uma necessidade constante no meio esportivo, tanto para atletas de elite como em ascensão (Loturco et al., 2018). Assim, com o avanço da ciência do esporte, foram pensados diferentes métodos de treinamento para que fosse possível o aprimoramento das diferentes variáveis da aptidão física (Gillen & Gibala, 2014, 2013; Engel et al., 2018). Todavia, no esporte de rendimento, fazem-se necessários programas de treinamento estratégicos que viabilizam este aprimoramento em um curto período de tempo, de modo que se trabalhe de maneira concomitante o maior grupo dessas valências físicas possível,

sem que haja interferência significativa entre o desenvolvimento das mesmas (D'alleva et al., 2023).

Considerando isso, o HIIT vem ganhando cada vez mais espaço no cenário mundial, devido aos seus efeitos positivos frente ao condicionamento físico (Buchheit & Laursen, 2013a; Thompson, 2023). Entretanto, este modelo de treinamento é comumente encontrado nos planejamentos durante a pré-temporada, mas com o decorrer do calendário competitivo, isso vai deixando de acontecer e os atletas passam a realizar menores períodos de treinamento de alta intensidade, gerando impacto direto ao aprimoramento da aptidão física (Silva, 2022). Uma das causas possíveis para tal ocorrência está associada ao baixo impacto neuromuscular do HIIT, o que acaba gerando níveis pouco satisfatórios na força muscular (Astorino et al., 2012). Contudo, uma variação recente do HIIT, denominada HIIT-MM, tem aparecido e chamado a atenção da comunidade científica, apresentando-se como uma maneira eficiente para o desenvolvimento de parâmetros metabólicos e neuromusculares (Buckley et al., 2015; Brown et al. 2018).

Buscando compreender mais sobre esse novo modelo de treinamento, Buckley et al. (2015) envolveram 28 mulheres ativas em um estudo com 6 semanas de intervenção. A amostra foi randomizada em dois grupos: ROW-HIIT, que realizava sessão unimodal com emprego de remo ergômetro (6x 1 min *all-out* : 3min) e; HIIT-MM, que tinha a mesma estruturação da sessão, entretanto, durante o período de esforço, era realizado 6-8 repetições de exercício de força, 8-10 repetições de exercício acessório e, até o término do bloco, ocorria a realização de exercício com alta requisição metabólica. Como resultados, observou-se que ROW-HIIT e o HIIT-MM apresentaram melhoras similares em potência aeróbia máxima (7% vs. 5%), limiar anaeróbio (13% vs. 12%), limiar de compensação respiratória (7% vs. 5%), potência anaeróbia (15% vs. 12%) e capacidade anaeróbia (18% vs. 14%). Além disto, enquanto o grupo ROW-HIIT não apresentou ganhos significativos em parâmetros neuromusculares, o HIIT-MM apresentou aumento significativo ($p < 0,01$ para todos) nos valores de repetições máximas no agachamento (39%), supino (27%), levantamento terra (18%), distância do salto (6%) e resistência de agachamento (280%). Esses achados sugerem haver

adaptações neuromusculares atraentes, quando empregado o HIIT-MM, mesmo que os mecanismos pelos quais eles ocorrem ainda careçam de maiores desdobramentos.

Mais recentemente, Brown et al. (2018) investigaram mulheres saudáveis por um período de 12 semanas, utilizando a mesma estruturação de sessão sugerida por Buckley et al. (2015) (6-8 repetições de exercício de força, 8-10 repetições de exercício acessório e, até o término do bloco), porém, com uma maior variação de exercícios. Ao final do estudo, os pesquisadores apontaram que, no grupo como um todo, houve redução significativa no percentual de gordura corporal total e aumento da massa corporal total, massa magra, conteúdo mineral ósseo, VO₂max, altura de salto, além de melhores resultados em teste de uma repetição máxima (1RM) usando supino, agachamento e levantamento-terra. Entretanto, o HIIT-MM proporcionou aumento de performance no teste de RM no levantamento-terra maior que no grupo de ROW-HIIT.

Considerações finais

De modo geral, diferentes estudos abordam a importância do treinamento físico no futebol, enfatizando que o desenvolvimento de capacidades físicas é essencial para o desempenho atlético. Os métodos de treinamento, especialmente aqueles que utilizam cargas mistas, têm ganhado espaço por sua eficácia em desenvolver múltiplas habilidades físicas durante as sessões de treino. Estudos demonstram que essa abordagem permite melhorar aspectos como potência, velocidade e resistência de forma integrada, otimizando o tempo dos atletas em treinamento.

Além disso, a literatura aponta que o treinamento pliométrico e de velocidade são fundamentais, especialmente em um ambiente competitivo, onde a velocidade de corrida é crucial para ações de ataque e defesa. Em particular, intervenções que combinam treinamento específico da modalidade com exercícios de força e pliometria têm mostrado resultados positivos no aumento de performance, sugerindo que a variação e a organização dos treinos são fatores determinantes para resultados eficazes.

REFERÊNCIA

1. Akyildiz, Z. et al. Variations in the physical demands and technical performance of professional soccer teams over three consecutive seasons. *Scientific Reports*. Vol. 12. Num. 1. 2022. p. 2412.
2. Astorino, T. A. et al. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO₂max, and muscular force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 26. Num. 1. 2012. p. 138-145.
3. Barreira, J. Vantagem de jogar em casa no futebol feminino: uma análise de três importantes campeonatos no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Vol. 26. Num. 3. 2018. p. 83-87.
4. Boraczyński, M. T. et al. Effects of two low-volume high-intensity interval training protocols in professional soccer: sprint interval training versus small-sided games. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2022.
5. Brown, E. C. et al. The impact of different high-intensity interval training protocols on body composition and physical fitness in healthy young adult females. *BioResearch Open Access*. Vol. 7. Num. 1. 2018. p. 177-185.
6. Buchheit, M. Laursen; P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*. Vol. 43. Num. 10. 2013. p. 927-954.
7. Buckley, S. et al. Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. Vol. 40. Num. 11. 2015. p. 1157-1162.
8. Coelho, D. B. et al. Correlação entre o desempenho de jogadores de futebol no teste de sprint de 30m e no teste de salto vertical. *Motriz: Revista de Educação Física*. Vol. 17. 2011. p. 63-70.
9. Costa, J. A. et al. Comparing sleep in shared and individual rooms during training camps in elite youth soccer players: a short report. *Journal of Athletic Training*. Vol. 58. Num. 1. 2023. p. 79-83.
10. D'Alleva, M. et al. Effects of 12-week combined training versus high intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition and fat metabolism in obese male adults. *Journal of Exercise Science & Fitness*. Vol. 21. Num. 2. 2023. p. 193-201.

11. De Dios-Álvarez, V. et al. Relationships between RPE-derived internal training load parameters and GPS-based external training load variables in elite young soccer players. *Research in Sports Medicine*. 2021. p. 1-16.
12. Engel, F. A. et al. High-intensity interval training performed by young athletes: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*. Vol. 9. 2018. p. 1012.
13. Falces-Prieto, M. et al. The different effects of resistance training with or without external load on young soccer players' performance and body composition. *Frontiers in Physiology*. 2021. p. 1911.
14. Fernandez-Navarro, J. et al. Attacking and defensive styles of play in soccer: analysis of Spanish and English elite teams. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 34. Num. 24. 2016. p. 2195-2204.
15. Gillen, J. B. Gibala, M. J. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. Vol. 39. Num. 3. 2014. p. 409-412.
16. Jiménez-Reyes, P. et al. Seasonal changes in the sprint acceleration force-velocity profile of elite male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 36. Num. 1. 2022. p. 70-74.
17. Kang, J. et al. Effects of concurrent strength and HIIT-based endurance training on physical fitness in trained team sports players: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 19. Num. 22. 2022. p. 14800.
18. Lechner, S. et al. Monitoring training load in youth soccer players: effects of a six-week preparatory training program and the associations between external and internal loads. *Biology of Sport*. Vol. 40. Num. 1. 2023. p. 63-75.
19. Lin, J. et al. Correlations between horizontal jump and sprint acceleration and maximal speed performance: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*. Vol. 11. 2023. p. e14650.
20. Loturco, I. et al. Change-of-direction deficit in elite young soccer players. *German Journal of Exercise and Sport Research*. Vol. 48. Num. 2. 2018. p. 228-234.
21. Loturco, I. et al. Mixed training methods: effects of combining resisted sprints or plyometrics with optimum power loads on sprint and agility performance in professional soccer players. *Frontiers in Physiology*. Vol. 8. 2017. p. 1034.

22. Loturco, I. et al. Power training in elite young soccer players: effects of using loads above or below the optimum power zone. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 38. Num. 11-12. 2020. p. 1416-1422.
23. Loturco, I. et al. Practices of strength and conditioning coaches in Brazilian elite soccer. *Biology of Sport*. Vol. 39. Num. 3. 2022. p. 779-791.
24. Loturco, I. et al. Traditional free-weight vs. variable resistance training applied to elite young soccer players during a short preseason: effects on strength, speed, and power performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2022.
25. Loturco, I. et al. Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 33. Num. 20. 2015. p. 2182-2191.
26. Luo, S. et al. Effect of core training on skill-related physical fitness performance among soccer players: a systematic review. *Frontiers in Public Health*. Vol. 10. 2022.
27. Mathieu, B. et al. Concurrent training programming: the acute effects of sprint interval exercise on the subsequent strength training. *Sports*. Vol. 10. Num. 5. 2022. p. 75.
28. McQuilliam, S. J. et al. Effect of high-intensity vs. moderate-intensity resistance training on strength, power, and muscle soreness in male academy soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2022. p. 10.1519.
29. Michailidis, Y. Venegas, P. Metaxas, T. Effects of combined horizontal plyometric and change of direction training on anaerobic parameters in youth soccer players. *Sports*. Vol. 11. Num. 2. 2023. p. 27.
30. Milanovic, Z. et al. Is recreational soccer effective for improving VO₂. *Sports Medicine*. Vol. 45. Num. 9. 2015. p. 1339-1353.
31. Pereira, L. A. et al. Variations in internal and external training load measures and neuromuscular performance of professional soccer players during a preseason training period. *Journal of Human Kinetics*. Vol. 81. Num. 1. 2022. p. 149-162.
32. Silva, J. R. The soccer season: performance variations and evolutionary trends. *PeerJ*. Vol. 10. 2022. p. e14082.

33. Suchomel, T. J. et al. The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*. Vol. 48. 2018. p. 765-785.
34. Thapa, R. K. et al. Effects of complex training on sprint, jump, and change of direction ability of soccer players: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*. Vol. 11. 2021. p. 627869.
35. Thomakos, P. et al. Effects of concurrent high-intensity and strength training on muscle power and aerobic performance in young soccer players during the pre-season. *Sports*. Vol. 11. Num. 3. 2023. p. 59.
36. Thompson, W. Worldwide survey of fitness trends for 2023. *Health & Fitness Journal*. Vol. 27. Num. 1. 2023. p. 9-18.
37. Thoseby, B. et al. Peak match acceleration demands differentiate between elite youth and professional football players. *PLoS One*. Vol. 18. Num. 3. 2023. p. e0277901.
38. Turner, A. N. Stewart, P. F. Strength and conditioning for soccer players. *Strength & Conditioning Journal*. Vol. 36. Num. 4. 2014. p. 1-13.
39. Wang, S. Liu, B. Liu, J. Efeitos do treinamento de futebol escolar sobre a saúde e a aptidão física de crianças obesas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 29. 2023. p. e2022_0794.
40. Weldon, A. et al. Contemporary practices of strength and conditioning coaches in professional soccer. *Biology of Sport*. Vol. 38. Num. 3. 2021. p. 377-390.
41. Yabroudi, M. A. et al. The influence of sleep quality and quantity on soccer injuries in professional teams. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2021.

Change of direction in soccer: the relationship with different physical abilities

Mudança de direção no futebol: a relação com diferentes habilidades físicas

Cambio de dirección en el fútbol: la relación con diferentes habilidades físicas

Rousseau Silva da Veiga^{a,b*} , Camila Borges Müller^{a,b} ,
Amanda Franco da Silva^{a,b} , Gustavo Dias Ferreira^{a,b} ,
Fabricio Boscolo Del Vecchio^{a,b} , Eraldo dos Santos Pinheiro^{a,b} 

Keywords:

Performance;
Strength;
Training;
Team sports.

ABSTRACT

The study aimed to explore the relationship between maximum dynamic strength, linear velocity, and muscle power with the change of direction deficit (DCOD) in young soccer athletes. Twenty male U-17 soccer athletes (16.05 ± 0.60 years) participated. They underwent various physical tests, including bench press, deadlift, squat repetitions, squat jump, countermovement jump, and linear speed assessments (10 and 20 m), as well as the zigzag test for change of direction. Multiple linear regression revealed weak correlations between physical abilities and DCOD ($R^2=0.35$, $p >0.05$), indicating limited association. Overall, physical abilities exhibited low correlation with DCOD, suggesting its limited utility as a performance measure in young soccer athletes change of direction tests.

Palavras-chave:

Desempenho;
Força;
Treinamento;
Esporte coletivo.

RESUMO

O estudo teve como objetivo explorar a relação entre força dinâmica máxima, velocidade linear e potência muscular com o déficit de mudança de direção (DCOD) em jovens atletas de futebol. Vinte atletas masculinos da categoria Sub-17 (16,05 ± 0,60 anos) participaram. Eles foram submetidos a testes físicos de supino, levantamento terra, agachamento, potência de membros inferiores, velocidade linear (10 e 20 m) e com troca de direção. A regressão linear múltipla revelou correlações fracas entre habilidades físicas e DCOD ($R^2=0,35$; $p >0,05$), indicando uma associação limitada. Em geral, as habilidades físicas apresentaram baixa correlação com o DCOD, sugerindo sua utilidade limitada como medida de desempenho nos testes de mudança de direção em jovens atletas de futebol.

Palabras clave:

Rendimiento;
Fuerza;
Entrenamiento;
Deportes de equipo.

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo explorar la relación entre la fuerza dinámica máxima, la velocidad lineal y la potencia muscular con el déficit de cambio de dirección (DCOD) en jóvenes atletas de fútbol. Participaron veinte atletas de fútbol masculino U-17 (16.05 ± 0.60 años). Se sometieron a diversas pruebas físicas, incluyendo press de banca, peso muerto, repeticiones de sentadilla, salto de sentadilla, salto de contramovimiento y evaluaciones de velocidad lineal (10 y 20 m), así como el test en zigzag para cambio de dirección. La regresión lineal múltiple reveló correlaciones débiles entre las habilidades físicas y el DCOD ($R^2=0.35$, $p >0.05$), indicando una asociación limitada. En general, las habilidades físicas mostraron una correlación baja con el DCOD, sugiriendo su utilidad limitada como medida de rendimiento en pruebas de cambio de dirección en jóvenes atletas de fútbol.

^aUniversidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, Brasil.

^bEscola Superior de Educação Física e Fisioterapia. Pelotas, RS, Brasil.

*Corresponding author:

Rousseau Silva da Veiga
E-mail: rousseauveiga@gmail.com

Received 25 March 2024; accepted 16 October 2024.

DOI: <https://doi.org/10.1590/rbce.46.20240025>



INTRODUCTION

Soccer players perform a high number of sprints with a change of direction and speed during the execution of their actions, followed by periods in which the speed tends to decrease, generating an intermittent characteristic (Loturco et al., 2019). Several pieces of evidence have suggested that the formal soccer game changed due to its modernization, such as increases in the number of sprints, changes of direction, and distance covered during these efforts (Bush et al., 2015; Di Salvo et al., 2009). In this sense, several researchers in the exercise sciences have sought to develop and understand training methods that enable the increase of repeating sprints and the development of their acceleration (Beato et al., 2022; Loturco et al., 2018).

In team sports, it is evident that the initial phase of sprint is critical, as it has the highest acceleration rate (Akenhead et al., 2013). In soccer, high-intensity efforts start from displacements at moderate or low intensities, and their peak speed can often be between 6 and 20 m (Loturco et al., 2019; Di Salvo et al., 2009; Rumpf et al., 2016). Furthermore, sprints are usually performed at moments of great importance in the game, such as defensive actions, aiming to interrupt opponent attacks (Rumpf et al., 2016; Sasaki et al., 2015) or during the execution of fast offensive actions, generating opportunities and thus can have a direct impact on the result of the match (Faude et al., 2012). However, other actions are recognized as frequent and important, such as jumps and changes of direction (Loturco et al., 2018).

More specifically, the ability to change of direction (COD) has been widely studied, seeming to play an essential role in soccer athletes' success (Goral, 2015; Mujika et al., 2009). The COD can be defined as the ability to make directional changes suddenly (Chaouachi et al., 2012) and has been described as a complex skill, being affected by several factors, such as linear speed, running technique, lower limb power, and strength (Thomas et al., 2018). Due to this complex characteristic and the frequency with which CODs occur within the game, it is essential to identify its impacts on physical performance since COD can result in additional time during displacement (Loturco et al., 2019). This time difference between COD and linear sprints is called a deficit of COD (DCOD) and is proposed as the best strategy for evaluating COD in football (Loturco et al., 2018). Studies investigating young soccer athletes have reported that higher linear speeds may not be associated with a DCOD, suggesting that other physical capacities may directly impact this variable, such as muscle strength (Loturco et al., 2018).

In this line, as far as our knowledge is concerned, current studies are dedicated to identifying the variable with a greater relationship with the DCOD values (Loturco et al., 2018; Thomas et al., 2018). So, it is pertinent that there are a possible identification and quantification of the relationship of different physical

capacities in the COD in different team sports, which, in the practical field, could optimize the training process since these are improved in isolation or small sets (Faude et al., 2017). Considering this scenario, the present study aimed to investigate the relationship of maximum dynamic strength, linear speed, and muscle power with DCOD young soccer athletes.

MATERIALS AND METHODS

STUDY DESIGN

This is a cross-sectional observational study of a predictive nature. Due to the selected subjects' previous routines, they were already familiar with the tests used in the present study. The order to perform the procedures was: i) heel height and lower limb power tests; ii) maximum sprint speed test; iii) ability to change direction, and; iv) maximum dynamic strength test. Before evaluations, athletes performed standardized warm-up, which included running at self-selected moderate intensity for 5 min, and submaximal attempts at the exercises to be performed. During the procedure, which took place between 1 pm and 5 pm and was carried out in a regular training field, the temperature was 25°C, and the relative humidity was 52%. Previously, all athletes and their guardians signed an informed consent. This study has prior approval from the local research ethics committee (number #3.536.069).

SUBJECTS

The sample consisted of 20 young males (age: 16.05 ± 0.60 years; height: 176.65 ± 6.17 cm; body mass: 71.25 ± 6.75 and; fat percentage: 7.66 ± 2.23), which make up the squad of a football team in the U-17 category. For inclusion in the study, the athlete should have been included in the group for at least 3 uninterrupted months and have attendance higher than 85% in the month's training sessions before the assessment. All those who had functional limitations resulting from a previous injury that made it impossible to perform the exercises or not complete the evaluations' battery were excluded. Recruitment occurs through convenience, through verbal invitation, due to the institutional link already established.

LOWER LIMB POWER

To evaluate the power of the lower limbs was used squat jump (SJ) and countermovement jump (CMJ), and in both jumps, there was the use of a contact mat (Jump System®, Nova Odessa, Brazil). The SJ started from 90° knee flexion for three seconds and subsequent vertical jump, while the CMJ started from squatting followed by a vertical jump. The subjects performed the jumps barefoot and with the hands-on the waist (test-retest reproducibility of $r = 0.93$) (Markovic et al., 2004). For the jumps, two attempts were granted, considering the highest valid trial. After this procedure, the best

CMJ performance was used in conjunction with the predictive equation: Power (W) = 54,2 * jump height (cm) + 34,4 * body mass (kg) - 1520,4, proposed by Gomez-Bruton et al. (2019).

MAXIMUM SPRINT SPEED

The maximum sprint speed was measured during 10-m (S10) and 20-m (S20) linear sprint tests. For this, photocells (Multisprint, Hidrofit®) were used, positioned in the field at 0 and 10 m and at 0 and 20 m (test-retest reproducibility of $r = 0.89$) (Moir et al., 2004). Two attempts were made for each test with a 1 min interval between them, and the best performance was recorded.

ABILITY TO CHANGE OF DIRECTION

The COD was tested in the open field, using a zigzag test (Loturco et al., 2018), which consists of displacements of 20 m and a change of direction at 100° angles every 5 m, as shown in Figure 1. To measure the total travel time, photocells (Multisprint, Hidrofit®) were used, positioned in the field at 0 and 20 m. The best mark between the two attempts, with a 1 min interval between them, was adopted for further analysis. To quantify the DCOD, a calculation adapted by Pereira et al. (2018), namely: speed of 20 m - speed of the zigzag test.

For identifying this variable, repetition maximum (RM) testing was employed using the 10RM protocol, which followed the recommended for Materko et al. (2007). The exercises adopted were bench press, deadlift, and squat. Before the attempts, 10 submaximal attempts were made for each exercise to be performed, using 30% of the individual's body mass as a reference. In order to standardize the tests, five strategies were adopted: i) specific warming; ii) standardization of the explanation given to the subjects before the test was performed; iii) the subjects received the same instructions regarding the pattern of execution of the movements; iv) feedback and extrinsic encouragement were adopted during the tests and; v) the masses of washers and bars were measured with a platform scale (Filizolla®), with a precision of 0.1 kg. All subjects had, at most, five attempts with intervals between 3 and 5 min between each one (Materko et al., 2007; Fermino et al., 2005).

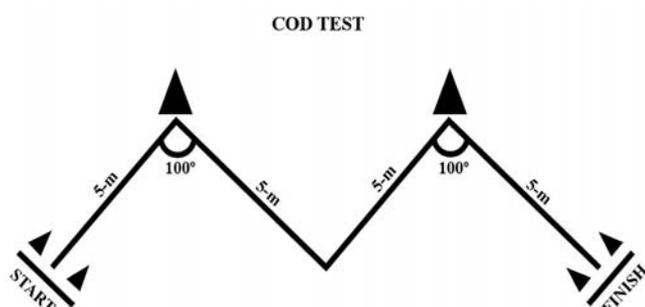


Figure 1. Change of direction Test. Maximum dynamic strength.

STATISTICAL ANALYSIS

The normality of the data was verified using the Shapiro-Wilk test. Due to the normal distribution, descriptive data are presented by means and standard deviation (SD). Considering that the COD test and the S20 present the same distance covered, although the S20 is performed in a linear way, Student's T-test was used to identify possible differences between the tests. The Pearson test was used to measure the correlation between the physical performance variables and the DCOD. Also, multiple linear regression was used to verify associations between DCOD and other physical abilities. The significance level adopted was 5%. All statistical treatments were performed using the SPSS 20.0 software.

RESULTS

Table 1 presents the descriptive data obtained through the evaluation of physical performance in young soccer athletes. Significant differences were found in the time of COD test about S20 ($p < 0,05$).

Figure 2 presents data about the correlation between DCOD and physical performance variables. It is noteworthy that there were no significant relationships with the measured parameters.

Table 2 presents the data obtained in the multiple linear regression, which sought to verify associations between the DCOD and the different physical capacities measured. In general, the variables when observed in isolation do not present significant values, despite the model used in the analysis predicting 35% of the DCOD.

DISCUSSION

The present study aimed to investigate the relationship between DCOD and different physical fitness

Table 1. Descriptive data of physical tests performed in soccer players (n=20).

Variables	Mean (\pm SD)	95% CL
Change of Direction (sec)	5.75 \pm 0.33*	5.59 – 5.91
Deficit change of Direction (sec)	-2.81 \pm 0.31	-2.96 – -2.66
Squat jump (cm)	37.76 \pm 4.25	35.77 – 39.74
Countermovement jump (cm)	38.89 \pm 4.35	36.92 – 40.92
Power of lower limbs (W)	3038.43 \pm 372.50	2864.10 – 3212.77
Sprint 10-m (sec)	1.69 \pm 0.10	1.64 – 1.74
Sprint 20-m (sec)	2.93 \pm 0.10	2.88 – 2.98
Bench press (kg)	71.29 \pm 8.45	67.33 – 75.24
Deadlift (kg)	119.41 \pm 16.02	111.91 – 126.91
Squat (kg)	114.94 \pm 20.92	105.14 – 124.73

SD: standard deviation; CL: confidence of limits; * $p < 0,05$ in relation to sprint 20-m.

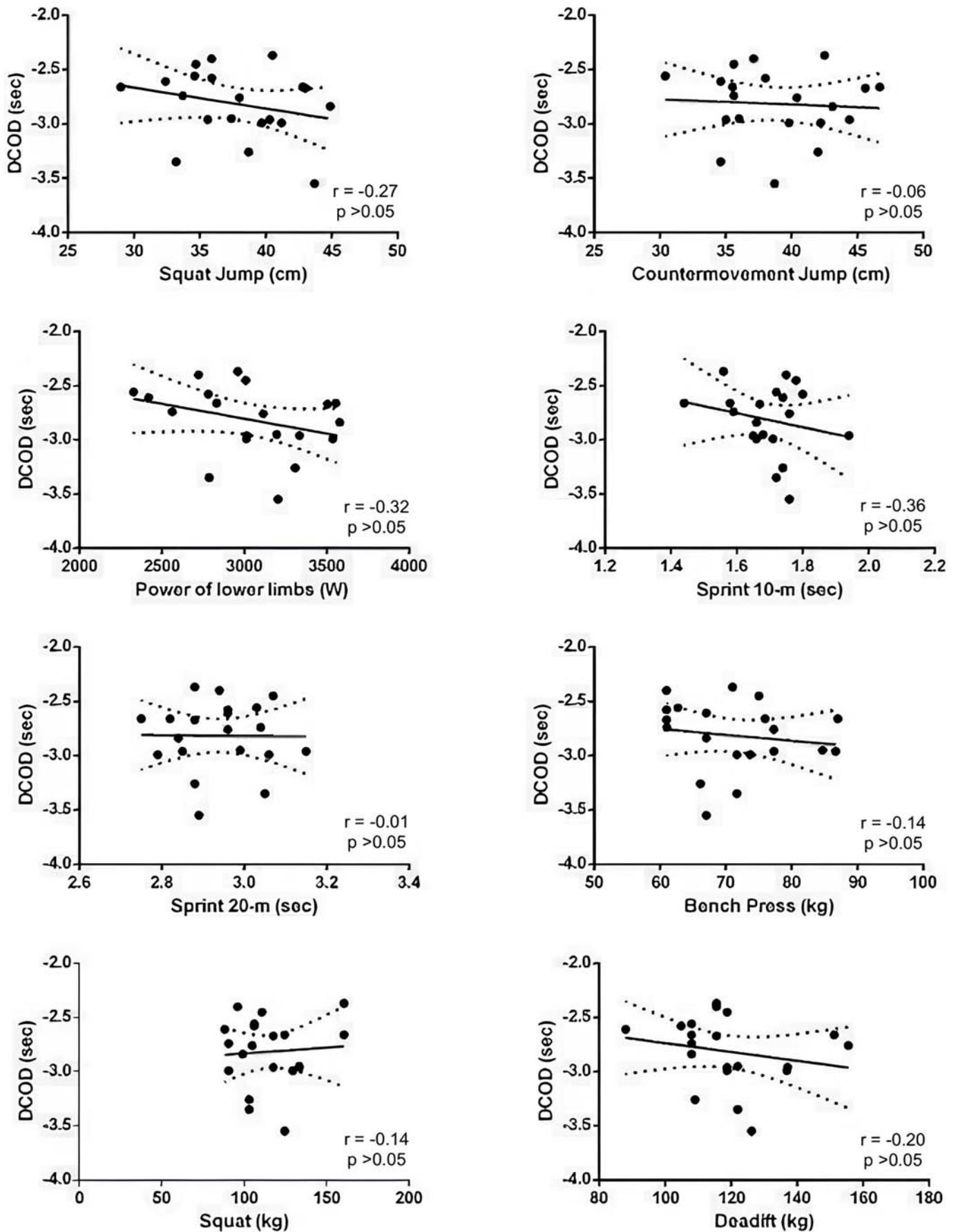


Figure 2. Correlation coefficients (r) between DCOD and physical test performed (n=20).

Table 2. Multiple linear regression to estimate the associations between DCOD and different physical abilities (n=20).

Variables	B	CI 95%	R ² Change	P-value
Constant	-3.678	-12.919 – 5.564		>0.05
Squat jump	-0.30	-0.113 – 0.054	0.06	>0.05
Countermovement jump	0.059	-0.039 – 0.158	0.004	>0.05
Sprint 10-m	-0.414	-2.604 – 1.775	0.046	>0.05
Sprint 20-m	0.752	-1.683 – 3.187	0.000	>0.05
Power of lower limbs	-0.001	-0.002 – 0.001	0.106	>0.05
Bench press	-0.005	-0.036 – 0.025	0.021	>0.05
Deadlift	-0.003	-0.018 – 0.012	0.043	>0.05
Squat	-0.004	-0.007 – 0.016	0.005	> 0.05
R ² = 0.353				
SEE= 0.33				
F= 0.751				
P= >0.05				

R²: Determination coefficient; F: F statistic; p: model significance; SEE: standard error of the estimate; B: Beta coefficient; CI 95%: Confidence interval of 95%.

variables, such as maximum strength, linear speed, and power in young soccer athletes. As the main finding, the fact that the different physical capacities considered in this manuscript have a low non-significant correlation with DCOD is highlighted.

In soccer, CMJ is widely presented as a frequent exercise in training and testing, presenting similarity with specific gestures, and a good correlation with other physical capacities (Barker et al., 2018). Studies have sought to understand the relationship between CMJ and COD performance (Emmonds et al., 2019; Suarez-Arrones et al., 2020), but the results are still controversial. Suarez-Arrones et al. (2020) conducted a study whose sample involved athletes from 4 different team sports (n = 50), sought to identify associations between linear sprints, CMJ, and COD (90°). The authors show that S10 showed a moderate correlation (r = -0.41; n = 50) with DCOD, but the same was not observed in CMJ, which had a low correlation (r = 0.33). Although the data on the relationship between CMJ and DCOD are similar to those presented in the present study, S10 and DCOD are contrary. However, Loturco et al. (2018) corroborate our findings by reporting a low correlation between DCOD (measured through the zigzag test) and S10, when evaluating elite athletes. This counterpoint between the studies may be, in part, attributed to the number and angle of the COD used in the aforementioned manuscripts. In our study, as in that of Loturco et al. (2018), three DOCs were performed with an angle of 100° in displacements of 20 m, while in the study by Suarez-Arrones et al. (2020), a test was used with a single directional change of 90° and a total displacement of 10 m. Still, it is worth mentioning that a crucial point to be mentioned is the athletes' biomechanical pattern, which is a point of convergence between the studies addressed in this paragraph.

The study conducted by Freitas et al. (2019), evaluating elite rugby and soccer athletes, evaluated the

effect of different levels of CMJ peak power on performance in COD testing and DCOD, and the peak power had a small effect on these variables. These findings are in line with those obtained in the present study since our data suggest a small correlation. Still, previous research with elite team sports athletes divided the sample based on sprint speed (i.e., faster versus slower players) (Materko et al., 2007) and the maximum acceleration rate (i.e., high versus low acceleration capacity) (Loturco et al., 2019) and found that players with higher acceleration potential exhibit higher DCOD values. Our findings add to a robust recent body of evidence that suggests that more powerful and stronger athletes tend to be less efficient in changing direction (Loturco et al., 2019; Loturco et al., 2018; Pereira et al., 2018; Freitas et al., 2019).

Studies have suggested that the maximum dynamic strength improvement in a chronic way can generate favorable adaptations to develop speed, whether linear or with COD (Hammami et al., 2018), which raises questions about how these variables in fact are related (Loturco et al., 2017). A study conducted by Freitas et al. (2019), involving elite male athletes (46 soccer players and 32 rugby athletes) divided into groups of higher or lower loads considering the result obtained in a 1RM test using a half squat, sought to measure the influence of maximum strength under the COD, which in the results, was reported to have a small effect size. The previously mentioned research is in line with the present study's findings since the statistical analysis showed a trivial correlation between these variables. The similarity between the works can be that the test employed is multifaceted, making it more complex to relate the COD with physical fitness variables in isolation. A crucial point to be mentioned is that the strength tests carried out in the present study and previous works (Loturco et al., 2019; Pereira et al., 2018) are oriented vertically, and for the performance of the COD tests, in addition to

vertical strength, there is also a need to apply horizontally oriented strength (Freitas et al., 2019).

The data displayed suggests that COD performance is multifaceted and directly depends on different physical capabilities (Hewit et al., 2012; Goral, 2015). Still, we must also be clear that, as with any complex motor skill, there is a need to consider movement pattern, which was not performed in the present study and should be taken as a limitation of the study. However, since our study sample comprises athletes in the training process and their training routine, there are educational exercises to improve the movement pattern. We believe that this methodological bias is reduced.

CONCLUSION

In summary, in our study, physical abilities have a low correlation with the DCOD used here as a parameter to measure the performance in COD tests in young soccer athletes. However, these findings must be carefully observed. When taken to the practical field, it should be clear that our results in no way report that the skills employed here are not important for DCOD. On the contrary, we would like to emphasize the multifaceted characteristic of DCOD and that, due to this, the relationship between different variables is important for its improvement.

FUNDING

None.

CONFLICTS OF INTEREST

None.

REFERENCES

- Akenhead R, Hayes PR, Thompson KG, French D. Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *J Sci Med Sport*. 2013;16(6):556-61. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.005>. PMID:23333009.
- Barker LA, Harry JR, Mercer JA. Relationships between countermovement jump ground reaction forces and jump height, reactive strength index, and jump time. *J Strength Cond Res*. 2018;32(1):248-54. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002160>. PMID:28746248.
- Beato M, Bianchi M, Coratella G, Merlini M, Drust B. A single session of straight line and change-of-direction sprinting per week does not lead to different fitness improvements in elite young soccer players. *J Strength Cond Res*. 2022;36(2):518-24. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003369>. PMID:31490427.
- Bush M, Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bradley PS. Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Hum Mov Sci*. 2015;39:1-11. <http://doi.org/10.1016/j.humov.2014.10.003>. PMID:25461429.
- Chaouachi A, Manzi V, Chaalali A, Wong P, Chamari K, Castagna C. Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. 2012;26(10):2667-76. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318242f97a>. PMID:22124358.
- Di Salvo V, Gregson W, Atkinson G, Tordoff P, Drust B. Analysis of high intensity activity in premier league soccer. *Int J Sports Med*. 2009;30(3):205-12. <http://doi.org/10.1055/s-0028-1105950>. PMID:19214939.
- Emmonds S, Nicholson G, Begg C, Jones B, Bissas A. Importance of physical qualities for speed and change of direction ability in elite female soccer players. *J Strength Cond Res*. 2019;33(6):1669-77. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002114>. PMID:28723816.
- Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*. 2012;30(7):625-31. <http://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>. PMID:22394328.
- Faude O, Rössler R, Petushek EJ, Roth R, Zahner L, Donath L. Neuromuscular adaptations to multimodal injury prevention programs in youth sports: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Physiol*. 2017;8:791. <http://doi.org/10.3389/fphys.2017.00791>. PMID:29075200.
- Fermino RC, Winiarski ZH, Rosa RJ, Lorenci LG, Buso S, Simão R. Influência do aquecimento específico e de alongamento no desempenho da força muscular em 10 repetições máximas. *Rev Bras Ciênc Mov*. 2005;13:25-32. <http://doi.org/10.18511/rbcm.v13i4.655>.
- Freitas TT, Pereira LA, Alcaraz PE, Arruda AFS, Guerriero A, Azevedo PHSM, et al. Influence of strength and power capacity on change of direction speed and deficit in elite team-sport athletes. *J Hum Kinet*. 2019;68(1):167-76. <http://doi.org/10.2478/hukin-2019-0069>. PMID:31531142.
- Gomez-Bruton A, Gabel L, Nettlefold L, Macdonald H, Race D, McKay H. Estimation of peak muscle power from a countermovement vertical jump in children and adolescents. *J Strength Cond Res*. 2019;33(2):390-8. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002002>. PMID:28570492.
- Goral K. Examination of agility performances of soccer players according to their playing positions. *Sport J*. 2015;1:1-11. <http://doi.org/10.17682/sportjournal/2015.004>.
- Gratton C, Jones I. *Research methods for sports studies*. London: Routledge; 2014.
- Hammami M, Negra Y, Billaut F, Hermassi S, Shephard RJ, Chelly MS. Effects of lower-limb strength training on agility, repeated sprinting with changes of direction, leg peak power, and neuromuscular adaptations of soccer players. *J Strength Cond Res*. 2018;32(1):37-47. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001813>. PMID:28678768.
- Hewit JK, Cronin JB, Hume PA. Understanding change of direction performance: a technical analysis of a 180° aerial catch and turn task. *Int J Sports Sci Coaching*. 2012;7(3):503-14. <http://doi.org/10.1260/1747-9541.7.3.503>.
- Loturco I, Pereira LA, Moraes JE, Kitamura K, Cal Abad CC, Kobal R, et al. Jump-squat and half-squat exercises: Selective influences on speed-power performance of elite rugby sevens players. *PLoS One*. 2017;12(1):e0170627. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0170627>. PMID:28114431.

- Loturco I, Nimphius S, Kobal R, Bottino A, Zanetti V, Pereira LA, et al. Change-of direction deficit in elite young soccer players: the limited relationship between conventional speed and power measures and change-of-direction performance. *Ger J Exerc Sport Res.* 2018;48(2):228-34. <http://doi.org/10.1007/s12662-018-0502-7>.
- Loturco I, Pereira LA, Freitas TT, Alcaraz PE, Zanetti V, Bishop C, et al. Maximum acceleration performance of professional soccer players in linear sprints: is there a direct connection with change-of-direction ability? *PLoS One.* 2019;14(5):e0216806. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0216806>. PMID:31086386.
- Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res.* 2004;18(3):551-5. [http://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18%3C551:rafvos%3E2.0.co;2](http://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18%3C551:rafvos%3E2.0.co;2). PMID:15320660.
- Materko W, Neves CEB, Santos EL. Prediction model of a maximal repetition (1RM) based on male and female anthropometrical characteristics. *Rev Bras Med Esporte.* 2007;13:22e-6. <http://doi.org/10.1590/S1517-86922007000100007>.
- Moir G, Button C, Glaister M, Stone MH. Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *J Strength Cond Res.* 2004;18(2):276-80. <http://doi.org/10.1519/r-13093.1>. PMID:15142028.
- Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci.* 2009;27(2):107-14. <http://doi.org/10.1080/02640410802428071>. PMID:19058090.
- Pereira LA, Nimphius S, Kobal R, Kitamura K, Turisco LAL, Orsi RC, et al. Relationship between change of direction, speed, and power in male and female national olympic team handball athletes. *J Strength Cond Res.* 2018;32(10):2987-94. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002494>. PMID:29481446.
- Rumpf MC, Lockie RG, Cronin JB, Jalilvand F. Effect of different sprint training methods on sprint performance over various distances: a brief review. *J Strength Cond Res.* 2016;30(6):1767-85. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001245>. PMID:26492101.
- Sasaki S, Koga H, Krosshaug T, Kaneko S, Fukubayashi T. Biomechanical analysis of defensive cutting actions during game situations: six cases in collegiate soccer competitions. *J Hum Kinet.* 2015;46(1):9-18. <http://doi.org/10.1515/hukin-2015-0029>. PMID:26240644.
- Suarez-Arrones L, Gonzalo-Skok O, Carrasquilla I, Asián-Clemente J, Santalla A, Lara-Lopez P, et al. Relationships between change of direction, sprint, jump, and squat power performance. *Sports (Basel).* 2020;8(3):38. <http://doi.org/10.3390/sports8030038>. PMID:32204331.
- Thomas TDC, Comfort P, Jones PA. Comparison of change of direction speed performance and asymmetries between team-sport athletes: application of change of direction deficit. *Sports (Basel).* 2018;6(4):178. <https://doi.org/10.3390%2Fsports6040174>. PMID:30545155.