



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Renato Tavares Fonseca

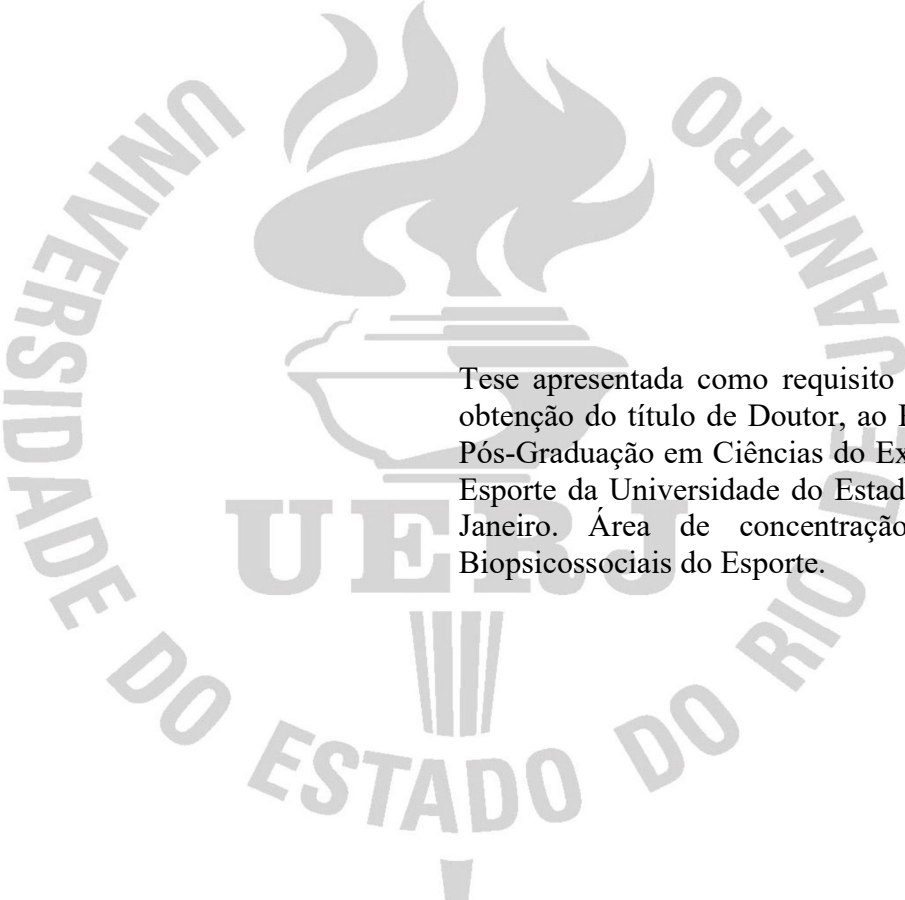
**Efeitos do treinamento pliométrico e de força sobre a impulsão vertical,
percepção subjetiva de esforço, dor muscular de início tardio e potência
muscular em jovens jogadores de futebol de campo.**

Rio de Janeiro

2021

Renato Tavares Fonseca

Efeitos do treinamento pliométrico e de força sobre a impulsão vertical, percepção subjetiva de esforço, dor muscular de início tardio e potência muscular em jovens jogadores de futebol de campo.



Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale

Rio de Janeiro

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

F676

Fonseca, Renato Tavares.

Efeitos do treinamento pliométrico e de força sobre a impulsão vertical, percepção subjetiva de esforço, dor muscular de início tardio e potência muscular em jovens jogadores de futebol de campo / Renato Tavares
Fonseca. – 2021.

60 f.: il.

Orientador: Rodrigo Gomes de Souza Vale.

Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Exercícios físicos - Teses. 2. Treinamento de força - Teses. 3. Dor muscular – Teses. 4. Esforço físico – Teses. 5. Adolescentes – Teses. 6. Futebol – Teses. I. Vale, Rodrigo Gomes de Souza. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 613.7

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum. CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Renato Tavares Fonseca

Efeitos do treinamento pliométrico e de força sobre a impulsão vertical, percepção subjetiva de esforço, dor muscular de início tardio e potência muscular em jovens jogadores de futebol de campo.

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Esporte.

Aprovada em 05 de agosto de 2021.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale (Orientador)
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Luciano Alonso Valente dos Santos
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Gilson Ramos de Oliveira Filho
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - CAP-UERJ

Prof. Dr. Gustavo Casimiro Lopes
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Rio de Janeiro

2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma forma amam o futebol, e assim como a todos aqueles que sempre me incentivaram a percorrer esta trajetória dentro do esporte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente primeiro a Deus, por ter me proporcionado alcançar a este importante momento, que busco desde o início da minha trajetória acadêmica. Agradecer também a todos os meus familiares, em especial a minha mãe, dona Edilce, que sempre foi a grande responsável em estar ao meu lado, me orientando durante toda a minha infância e adolescência, enquanto o meu querido pai, seu Hélio, trabalhava pelo sustento da casa e pela amizade e carinho que sempre demonstrou por mim. Ao meu avô sr. Detinho (in memorian), que me chamava carinhosamente de “doutor”, quando eu era criança e que sempre ajudou a minha mãe na difícil tarefa de educar os seus netos, além da minha avó Clarice (in memorian), que sempre estava ao meu lado. Agradeço também à minha querida e doce companheira esposa, Renata, que sempre esteve ao meu lado, com muito carinho, paciência e compreensão e que junto aos nossos filhos, Clarissa e Raphael, sempre foram as minhas grandes fontes de inspiração pela busca deste objetivo em minha vida, e também ao meu irmão Wellington, que também sempre me incentivou a trilhar e a alcançar os meus objetivos.

Gostaria também de agradecer ao meu grande amigo Rodrigo Vale, que por ironia do destino, após haveremos concluído juntos a graduação em educação física e haveremos realizado também juntos o TCC para a conclusão do curso na UFRJ, anos depois, nos encontramos no mestrado, na UCB e que me abriu as portas, para acessar ao doutorado na UERJ, seguindo eu todos os tramites obrigatórios destinados aos candidatos a ingressarem no programa e que tornou-se o meu braço amigo, como meu orientador e grande incentivador para concluir esta importante etapa de realização da minha vida acadêmica e pessoal.

Agradecer também a todos os docentes do programa, que sempre me trataram com muito respeito e profissionalismo, em especial ao amigo Rodolfo Alkimin e também a Juliana, que na parceria junto ao laboratório, sempre trouxeram uma palavra de otimismo, com muita alegria e carisma nos encontros na universidade. Agradecer também ao Gustavo Casimiro, pelo apoio junto ao laboratório de fisiopatologia, que junto à sua equipe, em muito me ajudou na coleta dos dados dos jovens atletas de futebol que participaram deste terceiro e último estudo da tese.

Finalizando, gostaria de agradecer muito aos componentes da minha banca examinadora, que já me ajudaram bastante na qualificação com vários conselhos que serão finalizados na defesa da Tese e também a todos os meus amigos, em especial ao compadre Larry, que sempre esteve ao meu lado nos momentos alegres mas também nos mais difíceis

momentos que atravessei, no que se refere à doença do meu pai, assim como também à minha sogra Linda, que também sempre me incentivou na busca dos meus objetivos.

Obrigado à vida e a tudo que conspira a favor do amor... Que os caminhos que trilhei sirva como fonte de inspiração... para todas as pessoas e em especial para os meus filhos, na busca pelos seus objetivos, sempre com a honestidade e a honra que os dignifiquem como SERES HUMANOS!!!

(Autoria própria)

RESUMO

FONSECA, Renato Tavares. *Efeitos do treinamento pliométrico e de força sobre a impulsão vertical, percepção subjetiva de esforço, dor muscular de início tardio e potência muscular em jovens jogadores de futebol de campo*. 2021. 60 f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

O treinamento pliométrico (TP) e de força muscular (TF), são aplicados em jovens jogadores de futebol e geralmente possuem alta intensidade. Ambos produzem aumentos sobre a impulsão vertical (IV), mas também podem gerar danos musculares, quando executados por atletas mais jovens e desabituaados a estes tipos de treinamento. Foram desenvolvidos nesta tese, 3 estudos: o estudo 1 é uma revisão sistemática, publicada no periódico RETOS que selecionou 10 artigos, onde três destes, realizaram intervenções mistas, ou seja, o TP associado a outros métodos, incluindo o TF, sobre a IV e outras variáveis. Os outros sete artigos utilizaram o TP, como intervenção isolada, sem estar associada a nenhum outro tipo de treinamento. Em dois artigos, ocorreram efeitos ($p<0,05$) sobre a IV bilateral e unilateral, assim como sobre outras variáveis. Em um dos artigos, somente houve aumento ($p<0,05$) sobre a IV, quando o TP esteve associado ao TF. Nos outros sete artigos que utilizaram o TP isoladamente, quatro deles produziram efeitos ($p<0,05$) sobre a IV, outros três encontraram efeitos ($p<0,05$) sobre o SH (bipodal e unipodal), assim como sobre outras valências físicas. No estudo 2, publicado no periódico Human Movement foram utilizados dois métodos de TP, sobre dois diferentes grupos, um que realizou o treinamento diretamente sobre o solo (TPS) e o outro no ambiente aquático (TPA). As sessões de treinos utilizaram o salto em profundidade (SP), ambos com o mesmo volume, sobre as respostas de IV e dor muscular de início tardio (DMIT). Os resultados demonstraram que tanto o TPS, quanto o TPA, produziram resultados ($p<0,05$) sobre a IV, entretanto com redução ($p<0,05$) sobre a DMIT, observado somente no TPA. O estudo 3, submetido ao periódico Biology of Sports foram utilizados 2 grupos experimentais, que participaram de intervenções diferentes, sendo um que realizou o TF, denominado (GTF) e o outro o treinamento pliométrico (GPT), além de um grupo controle (GC). O objetivo do estudo foi verificar os efeitos do TP e do TF sobre a IV, o tempo de elevação (TE), a percepção subjetiva de esforço (PSE), a DMIT, além do pico de potência muscular absoluta (PPA) e relativa (PPR) em jovens jogadores de futebol. Neste estudo 3, somente no GTF, foram observadas diferenças ($p<0,05$) sobre a IV, através do salto com contramovimento (SCM) e do salto sem contramovimento (SSC), assim como sobre o PPA e o PPR. O GTP produziu aumento ($p<0,05$) sobre a IV, somente através do SSC, mas com resultados ($p>0,05$) sobre o PPA e o PPR. Nas comparações intragrupos sobre a PSE e a DMIT, ocorreram aumentos ($p<0,05$) sobre os 3 grupos, mas na análise intergrupos, somente os voluntários do PTG apresentaram um aumento ($p<0,05$) comparado ao STG e ao GC, com valores mais elevados de PSE e DMIT. Estes aumentos sobre o PSE e a DMIT podem ter influenciado os resultados ($p>0,05$) sobre o GTP na avaliação da IV, através do SCM. Ocorreram correlações ($p<0,05$) no SCM e no SSM, envolvendo o PPA e o PPR com a IV e entre o PPA e o PPR.

Palavras-chave: Treinamento pliométrico. Treinamento de força. Impulsão vertical. Adolescentes. Percepção subjetiva de esforço. Dor muscular. Futebol.

ABSTRACT

FONSECA, Renato Tavares. *Effects of plyometric and strength training on vertical jump, rating of perceived exertion, pain, and muscular power in young male soccer players*. 2021. 60 f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

The plyometric training (PT) and muscle strength training (ST) are applied in young field soccer players and usually have high intensity. Both can to produce an increase in performance on vertical jump (VJ), but these methods also can to produce muscle damage, especially when performed by younger athletes who are not yet adapted to these types of training. In this thesis, 3 studies were developed. The first study is a systematic review, published in the journal RETOS, that selected 10 articles, where three of these articles performed mixed interventions, with the application of PT with other methods, including ST, on the VJ and other variables. The other seven articles used PT as an isolated intervention, without being associated with any other type of training. It was found in two articles, effects ($p < 0.05$) on bilateral and unilateral VJ, as well as, about other variables. In one of the articles, there was only an increase ($p < 0.05$) on VJ, when the PT was associated with the ST. In the other seven articles that used PT alone, four produced effects ($p < 0.05$) on the VJ, the other 3 articles found effects ($p < 0.05$) on the horizontal jump (HJ) (bipedal and unipedal), as well as about other physical valences. The second study, published in the journal Human Movement, two PT methods were used, on two different groups, one that performed training directly on the ground (GPT) and the other in the aquatic environment (APT). The sets of training were performed through the deep jump (DJ), both of them, with the same volume, on the responses of VJ and the late onset muscle pain (DOMS). The results showed that the both of groups produced results ($p < 0.05$) on VJ, however with a reduction ($p < 0.05$) on DOMS, observed only in ATP. In third study, submitted to the journal Biology of Sport, had the formation of 2 experimental groups, that participated in different interventions, one that performed the strenght training (ST), called (STG) and the other that performed the plyometric training (PTG), in addition to one control group (CG). The aim of the study was to verify the effects of PT and ST on VJ, elevation time (ET), rating of perceived exertion (RPE), pain (DOMS), in addition to muscle absolute power's peak (APP) and muscle relative power's peak (RPP) in young soccer players. In this study, only in the GTF, differences were observed ($p < 0.05$) on the VJ, through the CMJ and the jump without countermovement (SJ), as on the APP and the RPP. The PTG produced an increase ($p < 0.05$) on VJ, only through SJ, but without significant results on APP and RPP. In intragroup comparisons on RPE and DOMS, there were increases ($p < 0.05$) over the three groups, but in the intergroup analysis, only PTG volunteers showed an increase ($p < 0.05$) compared to STG and CG, with higher elevation on RPE and DOMS. The increases on the RPE and the DOMS may have influenced the results ($p > 0.05$) observed in the PTG on evaluation of the VJ, through the CMJ. There were correlations ($p < 0.05$) both in the CMJ and in the SJ, involving the PPA and PPR with the IV and between the PPA and the PPR.

Keywords: Plyometric training. Strength training. Vertical jump. Adolescents. Rating of perceived exertion. Muscle pain. Soccer.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
cm	Centímetros
DeCS	Descritores em Ciências da Saúde
DMIT	Dor Muscular de Início Tardio
GTF	Grupo de Treinamento de Força
GTP	Grupo de Treinamento Pliométrico
IV	Impulsão Vertical
m	Metro
MeSH	Medical Subject Headings
ms	Milisegundos
MVC	Mínima Variação Comum
PPA	Peak de Potência Muscular Absoluta
PPR	Peak de Potência Muscular Relativa
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
s	Segundo
SCM	Salto com contramovimento
SH	Salto Horizontal
SSM	Salto sem contramovimento
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TE	Tempo de Elevação
TF	Treinamento de Força
TP	Treinamento Pliométrico
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
VAS	Visual Analogic Scale
VC	Velocidade do Chute
W	Watts
W/Kg	Watts por Kilograma

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	11
1	ESTUDO 1: EFEITOS DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO SOBRE A IMPULSÃO VERTICAL EM ATLETAS DE FUTEBOL DE CAMPO NA FAIXA ETÁRIA DE 15 A 18 ANOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	16
2	ESTUDO 2: THE EFFECT OF AQUATIC AND LAND PLYOMETRIC TRAINING ON THE VERTICAL JUMP AND DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS IN BRAZILIAN SOCCER PLAYERS	23
3	ESTUDO 3: EFFECTS OF PLYOMETRIC AND STRENGTH TRAINING ON VERTICAL JUMP AND RATING OF PERCEIVED EXERTION, PAIN AND MUSCULAR PEAK POWER IN YOUNG MALE BRAZILIAN SOCCER PLAYERS	31
	CONCLUSÃO DA TESE	50
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXO A - Parecer Consubstanciado do CEP	56
	ANEXO B – Escala Visual Analógica de Borg	57
	ANEXO C – Escala de Intensidade da Dor	58
	ANEXO D – Escala de Esforço Percebido	59
	ANEXO E – Respostas da Percepção Subjetiva de Esforço – PSE	60

INTRODUÇÃO

O futebol é um tipo de esporte com características de ações intermitentes que possui movimentos explosivos como corridas de velocidade, saltos, mudanças de direção, utilizados nas disputas de bolas e finalizações, dentre outras ações técnicas. Estas ações requerem potência e força dos músculos dos membros inferiores (MOHR et al., 2016), valências consideradas muito importantes para a performance de jovens jogadores desta modalidade (FLAVIO et al., 2018; FERLEY et al., 2020).

A performance neuromuscular (HAUGEN et al., 2013), o metabolismo anaeróbico e a potência anaeróbica dos músculos das extremidades dos membros inferiores têm sido identificados como fatores cruciais para o desenvolvimento do jogo (CAMPILLO et al., 2015). A implementação de treinos neuromusculares, com utilização de estratégias de treinamento de força, pliometria e velocidade, durante a maturação, são eficazes para promover o desenvolvimento físico de jovens jogadores de futebol (RUMPF et al., 2013).

O treinamento pliométrico (TP) é um método que busca o desenvolvimento da potência muscular, que tem sido utilizado como uma estratégia específica de treinamento para o esporte (BIANCHI et al., 2018; FLAVIO et al., 2018). No TP ocorre uma curta ação muscular excêntrica, realizada pelo alongamento dos músculos que realizam a frenagem do movimento, onde imediatamente a seguir ocorre uma contração concêntrica destes mesmos músculos, também conhecido como o ciclo alongamento-encurtamento muscular (CAE), com a utilização do armazenamento de energia potencial elástica (JLID et al., 2019).

O TP tem sido preconizado como um método apropriado para alcançar melhorias de desempenho da impulsão vertical no futebol (MARKOVIC; MIKULIC, 2010; MOHR et al., 2016; JLID et al., 2019). O método possui efeitos positivos sobre a performance desta variável, quando utilizado em alta intensidade em jogadores de futebol (CAMPILLO et al., 2015). Esta sequência de intensa contração excêntrica, produzida durante o alongamento dos músculos e a imediata contração muscular concêntrica ocorrida a seguir, durante o encurtamento destes, produz um aumento substancial sobre a altura do salto vertical, devido ao armazenamento de energia potencial elástica nas fibras musculares e aos processos de ativação do reflexo de estiramento (MAKARUK et al., 2014).

Além do TP, o treinamento de força (TF), é usualmente aplicado para o desenvolvimento do sistema musculoesquelético de jovens jogadores de futebol (PANAGOULIS et al., 2020). Esse tipo de treinamento é estabelecido como um método eficaz

para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética e é recomendado para melhorar a saúde e o desempenho (FORT-VANMEERHAEGHE et al., 2016). A rotina de treinamento objetiva aumentar os níveis de força e de hipertrofia muscular (MERLA et al., 2010). Estudos anteriores têm explorado as relações entre a força absoluta e algumas variáveis da performance atlética de jogadores de futebol de campo (De HOYO et al., 2016; HAMMAMI et al., 2018).

Um aumento na força de contração muscular dos membros inferiores, permitem uma maior aceleração e velocidade, que são bases para habilidades fundamentais no futebol (PENAILILLO et al., 2016). Segundo Ortega et al. (2020), vem sendo encontradas correlações entre a força máxima de agachamento, a impulsão vertical (IV) e a performance dos sprints de 10-m a 30m. Além disso, uma maior potência pode ser produzida, aumentando a velocidade de execução da força, que será manifestada em maior velocidade no momento da execução do gesto esportivo (PENAILILLO et al., 2016).

Os efeitos positivos do TF sobre a IV e as habilidades relacionadas à velocidade, vem sendo amplamente estudados (GONZALEZ-BADILLO et al., 2015; De HOYO et al., 2016; HAMMAMI et al., 2018; PANAGOULIS et al., 2020). O TF vem demonstrando efeitos benéficos sobre a potência muscular e a performance de habilidades motoras de atletas adolescentes (GONZALEZ-BADILLO et al., 2015). Embora o TF possua uma longa história no treinamento esportivo, o mais eficiente e apropriado método para o seu desenvolvimento permanece controverso. Isso ocorre devido a uma série de fatores que compõem a carga do TF (ex: % de 1RM, número de séries e repetições, tipo e ordem dos exercícios, duração dos tempos de intervalo entre as séries e o número de repetições e a velocidade de execução) e que as adaptações neuromusculares e estruturais serão diferentes, de acordo com os programas com que cada treinamento é conduzido (PAREJA-BLANCO et al., 2014).

O desenvolvimento da potência é um foco primário de muitos programas de condicionamento da força muscular (DAWES; LENTZ, 2012). Em modalidades esportivas intermitentes, como o futebol, a força, a potência e a velocidade são consideradas variáveis essenciais para a performance atlética (CRONIN; SLEIVERT, 2005). Ainda segundo (DAWES; LENTZ, 2012), existem alguns caminhos para aumentar as respostas de potência e a velocidade. Uma recomendação destes autores é aumentar tanto a força absoluta e relativa, através de uma combinação de treinamento de resistência muscular dos membros inferiores, levantamento de carga para o aumento da força máxima e o treinamento pliométrico, o que consequentemente tenderá também a desenvolver um maior peak de potência absoluta (PPA) e relativa (PPR) durante a realização da impulsão vertical (IV).

A potência pode ser expressa como resultado da força multiplicada pela velocidade. Embora a habilidade para produzir força é importante para a aceleração, esta força precisa ser aplicada rapidamente para maximizar a performance. Estudos anteriores indicaram que existe uma significativa relação entre a potência de membros inferiores e a aceleração, valências físicas importantes para o aumento da IV (SAEZ DE VILLAREAL et al., 2012; PAREJA-BLANCO et al., 2014; GONZALEZ-BADILLO et al., 2015; MUEHLBAUER et al., 2019).

O TP, quando utilizado com adequado controle do volume e da intensidade de carga, produz um aumento eficaz sobre a IV, variável muito utilizada nos esportes que necessitam de grande potência muscular, como no caso do futebol (CHELLY et al., 2010; SEDANO et al., 2011; MUEHLBAUER et al., 2019). O monitoramento da carga de treinamento, através da percepção subjetiva de esforço (PSE), ajuda a controlar as repostas individuais dos atletas em diferentes sessões de treinos. A avaliação do stress fisiológico suportado pelo atleta, determinado como carga interna (CI), deve ser associada às cargas externas (CE) a que o mesmo é submetido. O resultado do treinamento é a consequência de ambos os estímulos e as análises das CI e CE podem proporcionar informações úteis para avaliar os efeitos do treinamento (CASAMICHANA et al., 2013; SCOTT et al., 2013).

Entretanto, apesar dos métodos de controle do treinamento e da eficiência sobre o aumento da potência muscular e da IV, o TP possui também aspectos negativos, particularmente em sua fase inicial, quando da aplicabilidade com alta intensidade, envolvendo contrações excêntricas repetidas, que produzem as dores musculares de início tardio (DMIT) (HODY et al., 2019).

Quando esta atividade não é habitual ou é nova, é comum principalmente aos jovens atletas, experimentarem os sinais e sintomas de aumento da PSE e DMIT, que podem permanecer por vários dias, após os estímulos dos exercícios utilizados nas sessões de treinamento, o que costuma afetar as suas performances físicas (LE GALL et al., 2010). A DMIT é conhecida por reduzir a função de contratilidade e causar fadiga muscular, resultante de micro traumas teciduais iniciados pela alta tensão produzida pelas contrações excêntricas e mais exacerbada pela subsequente resposta inflamatória (POLGLASS et al., 2019).

Na lesão também ocorre um aumento de enzimas, consideradas uma das causas da ruptura do tecido muscular (HODY et al., 2019). Várias são as teorias para a DMIT, mas quase todas elas citam que há um aumento significativo dos leucócitos, pois são eles que atuam na defesa de materiais estranhos que entram no corpo, migrando até o tecido afetado (BOMPA, 2016). No tecido afetado monócitos se tornam macrófagos e são responsáveis pela remoção de

tecido necrótico. Também há um aumento de glóbulos brancos, o que sugere uma inflamação, que é uma resposta aos exercícios realizados (DE HOYO et al., 2016).

Após um estresse mecânico, substâncias vasodilatadoras são liberadas pelo tecido injuriado, em seguida ocorre adesão e migração de leucócitos do sangue para o local danificado onde nas primeiras horas os neutrófilos iniciam a regeneração do tecido e após 6 horas, monócitos migram para o local e no tecido são convertidos em macrófagos, liberando subprodutos os quais são os possíveis sinalizadores da dor (OWENS et al., 2018). A DMIT está associada ao processo inflamatório responsável pelo reparo do tecido danificado. O tempo entre o estímulo, liberação de subprodutos e a sinalização dos receptores de dor podem explicar o porquê do surgimento tardio da dor (DAMAS et al., 2016).

Quando os exercícios utilizados neste período são de alta intensidade e maior volume, podem ocorrer danos musculares decorrentes que podem reduzir a performance dos adolescentes durante a realização das atividades propostas no futebol (SÖHNLEIN et al., 2014). Devido a um menor nível de força muscular apresentado pela maioria dos jovens jogadores, quando comparados a atletas adultos treinados no futebol, poderá levar os primeiros a produzirem um maior nível de fadiga aguda e residual após a participação destes, mesmo em uma única partida, caracterizado pelo declínio na performance física destes jovens durante algumas horas e alguns dias após a realização de um evento desta natureza (MICHAILIDIS et al., 2013).

Esse declínio na performance pode ser atribuído ao aumento da magnitude dos distúrbios fisiológicos. Isso pode ser verificado pela maior elevação nas taxas de DMIT muscular nas primeiras 24h após um jogo ou uma competição, em que os atletas podem apresentar um peak de elevação destas taxas entre 24 e 48h, tendendo a retornar aos níveis basais somente após 72h pós esforço de alta intensidade (MAGALHÃES et al., 2010).

Assim sendo, a realização de estudos envolvendo a aplicabilidade do TP e do TF sobre a IV e as variáveis de performance relacionadas à potência muscular, principalmente por ser esta valência física uma das mais exigidas na prática do futebol associada às respostas de PSE e DMIT em jovens jogadores de futebol, poderiam trazer informações muito importantes para se evitar sobrecargas físicas. Isso pode contribuir para a adequação de volumes e intensidades de treinamento visando adquirir um melhor condicionamento físico, assim como auxiliar na prevenção de lesões sobre os jovens atletas atuantes no futebol brasileiro.

Diante do exposto, a presente tese está organizada em três estudos. O primeiro estudo publicado no periódico RETOS, filiada à Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF), tratou de uma revisão sistemática que abordou os “Efeitos do

treinamento pliométrico sobre a IV de atletas de futebol de campo na faixa etária dos 15 aos 18 anos”, assim como, a outras variáveis de desempenho associadas à potência muscular de membros inferiores. Esta revisão objetivou identificar os efeitos de diferentes tipos de treinos pliométricos realizados isoladamente ou associados a algum outro método de treinamento, dentre eles, a força muscular, principalmente sobre a IV e outras variáveis de desempenho, como a aceleração, a velocidade, a agilidade e às mudanças de direção, em jovens jogadores desta modalidade.

O segundo estudo se refere a um artigo publicado na Human Movement, com o título “Effect of Aquatic and Land Plyometric Training on the Vertical Jump and Delayed on-set Muscle Soreness in Brazilian Soccer Players”, que abordou a aplicabilidade do treinamento pliométrico realizado em diferentes ambientes, ou seja, o treino pliométrico tradicional realizado diretamente sobre o solo e o treino pliométrico realizado no ambiente aquático. Nesse estudo, ambos os grupos experimentais utilizaram o salto em profundidade (DJ), com o mesmo volume aplicado, sobre a IV, avaliada através do CMJ e do SJ e as respectivas percepções subjetivas de DMIT relatadas pelos participantes do experimento.

O terceiro estudo realizado, submetido ao periódico Biology of Sports, intitulado “Effects of plyometric and strength training on vertical jump and rating of perceived exertion, pain and muscular peak power in young male Brazilian soccer players”, objetivou verificar os efeitos do TP e do TF sobre as respostas de IV, através do CMJ e SJ e suas variáveis, como o tempo de elevação do solo (TE), o PPA e PPR, assim como, sobre a PSE e a DMIT em jovens jogadores de futebol de campo na faixa etária entre 16 e 18 anos, após 6 semanas de intervenção experimental.

1 ESTUDO 1: EFEITOS DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO SOBRE A IMPULSÃO VERTICAL EM ATLETAS DE FUTEBOL DE CAMPO NA FAIXA ETÁRIA DE 15 A 18 ANOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA1

2021; Retos, 39, 981-987

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (www.retos.org)

Efeitos do treinamento pliométrico sobre a impulsão vertical em atletas de futebol de campo na faixa etária de 15 a 18 anos: uma revisão sistemática Efectos del entrenamiento pliométrico sobre el empuje vertical en jugadores de fútbol en el grupo de edad de 15 a 18 años: una revisión sistemática Effects of plyometric training on vertical jump in soccer players between 15 and 18 years old: a systematic review

***Renato Tavares Fonseca, *Juliana Brandão Pinto de Castro, *Andressa Oliveira Barros dos Santos, *Gustavo Casimiro Lopes, *Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes, ***Rodrigo Gomes de Souza Vale

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brasil), **Universidade Estácio de Sá (Brasil)

Resumo. Introdução: O treinamento pliométrico (TP) é normalmente utilizado visando a melhoria da impulsão vertical (IV) e o desempenho físico de jogadores de futebol nas categorias de base. Objetivo: Verificar os efeitos do TP sobre a IV em atletas de futebol de campo na faixa etária de 15 a 18 anos de idade. Métodos: Esta revisão sistemática seguiu as recomendações PRISMA. A pesquisa foi realizada nas bases científicas LILACS (via BVS), MEDLINE (via PubMed), Cochrane, SciELO, Scopus, ScienceDirect, Web of Science, CINAHL e SPORTDiscus. A qualidade metodológica dos artigos foi avaliada pela escala de Jadad. A análise do risco de viés foi efetuada através da ferramenta Cochrane. Resultados: Um total de 166 estudos foram encontrados, sendo selecionados 10 artigos, dos quais 7 utilizaram o TP como uma das intervenções e 3 abordaram algum tipo de TP associado com outros métodos. O TP, como única variável ou associado a outros métodos, produziu aumentos sobre a IV. Conclusão: O TP se apresentou como uma ferramenta efetiva para aumentar a IV em jogadores de futebol de campo na faixa etária de 15 a 18 anos, entretanto outros estudos envolvendo diferentes métodos de intervenção devem ser realizados.

Palavras-chave: Treinamento pliométrico, Salto vertical, Adolescente, Desempenho, Futebol de campo.

Resumen. Introducción: El entrenamiento pliométrico (EP) se usa normalmente para mejorar el empuje vertical (EV) y el rendimiento físico de los futbolistas en las categorías de base. Objetivo: Verificar los efectos del EP sobre el EV en jugadores de fútbol en el grupo de edad de 15 a 18 años. Métodos: Esta revisión sistemática siguió las recomendaciones PRISMA. La búsqueda se ejecutó en las bases de datos LILACS (a través de BVS), MEDLINE (a través de PubMed), Cochrane, SciELO, Scopus, ScienceDirect, Web of Science, CINAHL y SPORTDiscus. La calidad metodológica de los artículos se evaluó mediante la escala de Jadad. Para el análisis del riesgo de sesgo, se utilizó la herramienta Cochrane. Resultados: Se encontraron un total de 166 estudios, de los cuales se seleccionaron 10 artículos, 7 que utilizaron la EP como una de las intervenciones y 3 abordaron algún tipo de EP asociado a otros métodos. El EP, como la única variable o asociado con otros métodos, produjo incrementos sobre la EV. Conclusión: EP se presentó como una herramienta efectiva para aumentar el EV en jugadores de fútbol en el grupo de edad de 15 a 18 años, sin embargo, se deben realizar más estudios que involucren diferentes métodos de intervención.

Palabras clave: Entrenamiento pliométrico, Salto vertical, Adolescente, Rendimiento, Fútbol de campo.

Abstract. Introduction: Plyometric training (PT) is normally used to improve vertical jump (VJ) and physical performance of soccer players in the basic categories. Objective: To verify the effects of PT on VJ in soccer players between 15 and 18 years old. Methods: This systematic review followed the PRISMA recommendations. The search was carried out on the scientific bases of LILACS (via BVS), MEDLINE (via PubMed), Cochrane, SciELO, Scopus, ScienceDirect, Web of Science, CINAHL, and SPORTDiscus. The methodological quality of the articles was assessed using the Jadad scale. The risk of bias analysis was analyzed using the Cochrane tool. Results: From the 166 studies found, 10 articles were selected, of which 7 used PT as one of the interventions and 3 addressed some type of PT associated with other methods. PT as the only variable or associated with other methods produced increases over VJ. Conclusion: PT was presented as an effective tool to increase the VJ in soccer players between 15 and 18 years old, however, other studies involving different intervention methods should be performed.

Keywords: Plyometric training, Vertical jump, Adolescent, Performance, Soccer.

Introdução

O futebol é considerado um dos espetáculos mais acompanhados dentre os esportes do mundo (Delgado & Gómez, 2018). Em um esporte competitivo, o futebol moderno enfrenta múltiplos desafios, de acordo com a natureza e a dinâmica do jogo, motivando os pesquisadores a investigar padrões e indicadores de rendimento (Parada & Vargas, 2020).

Uma partida de futebol é caracterizada por esforços intermitentes de alta intensidade com breves períodos de recuperação (Delgado & Gómez, 2018; Di Mascio & Bradley, 2013). Durante o jogo, são constantes corridas rápidas, saltos, transições ofensivas e defensivas e atividades em dupla (Yanci & Camara, 2016).

A utilização do treinamento pliométrico (TP) tem crescido em popularidade (Delgado & Gómez, 2018). A aplicação deste método ocorre em diversos esportes, como o futebol (Markovic & Mikulic, 2010). Nesse sentido, o TP se tornou uma ferramenta efetiva no aumento da potência muscular de membros inferiores, que são importantes para a performance de variáveis desportivas, incluindo os saltos, que são muito

utilizados na dinâmica do jogo de futebol e que envolvem as respostas sobre a impulsão vertical (IV) (Jurado-Lavanant, Fernández-García, & Alvaro-Cruz, 2013).

O TP é um método de treinamento bastante popular e envolve seqüências de saltos para o condicionamento físico de atletas e/ou indivíduos saudáveis (Slimani, Paravliae, & Bragazzi, 2017; Mohr et al., 2016; Fonseca et al., 2017; Bianchi, Coratella, Dello Iacono, & Beato, 2019; Ramirez-Campillo et al., 2018; Jlid et al., 2019; Muchlbauer et al., 2019). O TP pode ser utilizado como um método adequado para melhorar o desempenho da IV no futebol (Markovic & Mikulic, 2010). A eficácia da pliometria pode estar relacionada a uma ação muscular específica conhecida como ciclo do alongamento-encurtamento (CAE) (Ramirez-Campillo et al., 2015).

Esta seqüência de intensa contração excêntrica produzida durante o alongamento dos músculos dos membros inferiores e a imediata contração muscular concêntrica ocorrida a seguir, durante o encurtamento dos músculos, produz um aumento substancial sobre a altura do salto vertical (SV) (Fonseca et al., 2017; Soñen et al., 2021). Isso ocorre devido ao armazenamento de energia potencial elástica nas fibras musculares e aos processos de ativação do reflexo de estiramento (Makaruk, Czaplinski, Sacewicz, & Sadowski, 2014).

O TP pode ser realizado de acordo com diferentes técnicas e tem como base a utilização do CAE, estimulado durante a realização dos saltos, e caracterizado pela contração excêntrica dos músculos dos membros inferiores envolvidos na dinâmica do movimento, seguida pela imediata contração concêntrica destes mesmos músculos, que efetuaram antes a contração muscular excêntrica com o objetivo do aumento da IV (Jlid et al., 2019; Muchlbauer et al., 2019).

A eficiência da IV pode ser avaliada através dos saltos com contramovimento (SCM) e sem contramovimento (SSC). Ambos os saltos devem ser realizados com as mãos fixas na região do quadril para que não ocorra a interferência da ação dos membros superiores nos resultados sobre a IV (Slimani, Paravliae, & Bragazzi, 2017; Moreno, 2020). Os SSC, quando somente a contração concêntrica é efetuada através do mesmo grupamento muscular, devem ser avaliados também com as mãos do indivíduo apoiadas na região pélvica (Makaruk et al., 2014; Jlid et al., 2019; Romero-Moraleda, López-Rosillo, González-García, & Morencos, 2020).

Os efeitos do TP podem depender de variáveis que incluem volume, frequência, duração de cada protocolo, assim como o período de treinamento em que as sessões são aplicadas e as características de condicionamento dos jogadores de futebol (Coratella, Chemello, & Schena, 2016). As estratégias de treinamento sugerem a inclusão de um estímulo de treinamento intenso e não específico para o futebol, como no caso da pliometria, que envolve a realização de saltos, também utilizados em outras modalidades esportivas (Jurado-Lavanant, Fernández-García, & Alvaro-Cruz, 2013). Estes estímulos, quando integrados ao programa convencional de treinamento no futebol, apresentam o potencial de induzir melhorias, principalmente, no SV, onde o desempenho é positivo durante as etapas da maturação, produzindo ganhos de performance específicos para este esporte (Villarreal, Suarez-Arrones, Requena, Haff, & Ferrete, 2015; Fernández-Aljoe, García-Fernández, & Gastélum-Cuadras, 2020).

Entretanto, as principais estratégias referentes ao TP visando o aumento da IV adaptada à performance de jogadores de futebol na faixa etária de 15 a 18 anos ainda não estão muito esclarecidas na literatura científica (Moran et al., 2016). Dessa forma, estudos desta natureza podem proporcionar mais alternativas e opções de treinamento para esta faixa de idade. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos do TP sobre a IV em jogadores de futebol de campo na faixa etária dos 15 aos 18 anos de idade.

Métodos

Estratégia de busca e seleção de estudos

A presente revisão sistemática de literatura foi desenvolvida a partir das orientações dos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* – PRISMA) (Galvão, Pansani, & Harad, 2015). A busca foi realizada sem a utilização de filtros de data ou de idioma no período de 17 a 19 março de 2020 nas seguintes bases: LILACS (via BVS), MEDLINE (via PubMed), Cochrane, SciELO, Scopus, ScienceDirect, Web of Science, CINAHL e SPORTDiscus.

Foram incluídos estudos experimentais controlados e randomizados (ECR), realizados com atletas de futebol do sexo masculino na faixa etária de 15 a 18 anos de idade, que foram submetidos à prática de treinamento pliométrico, associado ou não a outros métodos de treinamento, cuja o desfecho principal foi o desempenho sobre o salto vertical. Foram excluídos artigos de revisão e estudos que não analisaram a variável impulsão vertical.

Foram utilizados os seguintes termos baseados na consulta aos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH): «Exercise», «Plyometric Exercise», «Adolescent», «Soccer» e seus respectivos sinônimos. Na frase de busca, foram utilizados os operadores booleanos «AND» (entre os descritores) e «OR» (entre os sinônimos). As referências extraídas com a utilização dos termos de pesquisa foram exportadas para uma biblioteca compartilhada do EndNote. Dois pesquisadores independentes realizaram análise dos títulos e resumos e, posteriormente, dos textos completos dos artigos. Quaisquer divergências em cada etapa foram enviadas para um terceiro pesquisador.

Qualidade metodológica dos estudos

A escala de Jadad et al. (1996) foi utilizada para determinar a qualidade metodológica dos estudos selecionados. Os critérios metodológicos incluem: 1a) O estudo foi descrito como sendo randomizado; 1b) A randomização foi abordada de forma correta; 2a) O estudo selecionado apresentou um julgamento duplo-cego; 2b) O cegamento foi realizado de forma adequada; 3) A perda amostral do estudo foi descrita pelos autores. No caso em que os itens 1a, 2a e 3 foram observados, o estudo analisado obteve 1 ponto por item. Se a randomização descrita no item 1b e o cegamento inserido no item 2b foram encontrados, os estudos receberam outro ponto por cada item especificamente. Entretanto, nos casos dos itens 1b e 2b não serem encontrados, o estudo perde 1 ponto referente aos itens 1a e 2a, respectivamente. Nessa

escala, os escores são pontuados de 0 até 5. Estudos com escores < 3 são classificados como de menor qualidade metodológica.

Risco de viés dos estudos

A ferramenta de colaboração Cochrane foi utilizada para analisar o risco de viés em cada estudo incluído nesta revisão sistemática. Essa ferramenta, que analisa o risco de viés de ECR, possui sete domínios: 1) Geração da sequência aleatória; 2) Ocultação de alocação; 3) Ocultação de avaliadores e participantes; 4) Ocultação de avaliadores de resultados; 5) Resultados incompletos; 6) Relatórios de resultados seletivos; 7) Relatório sobre outras fontes de viés. Cada domínio deve ter o risco de viés classificado como «alto», «incerto» ou «baixo» (Carvalho, Silva, & Grande, 2013).

Extração dos dados

Foram extraídos os seguintes dados dos estudos selecionados: número de participantes (n) dos grupos experimentais (GE) e controle (GC), idade, tipo de intervenção, volume de treinamento (duração e frequência semanal), resultados pré e pós-intervenção.

Resultados

No total, 166 estudos foram encontrados seguindo a estratégia de pesquisa proposta (LILACS = 0; MEDLINE = 15; Cochrane = 56; Scielo = 0; Scopus = 63; ScienceDirect = 0; Web of Science = 10; CINAHL = 12; SPORTDiscus = 10). Após o uso dos critérios de seleção, 10 ECR foram incluídos neste estudo (Figura 1).

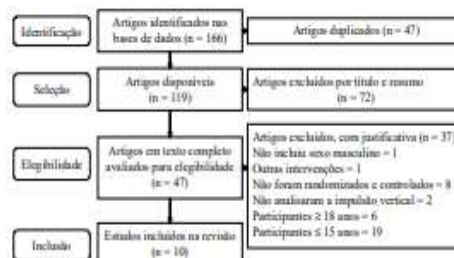


Figura 1. Fluxograma dos artigos selecionados.

A tabela 1 apresenta a caracterização dos participantes do estudo, onde um total de 120 jogadores participaram dos GE, o que fez uma média de 12 atletas por estudo experimental. Os GC apresentaram 107 participantes, com uma média de 10,7 indivíduos por estudo analisado. No total, 227 jovens jogadores de futebol fizeram parte dos estudos. A média geral de idade e o desvio padrão dos voluntários foi de $16,88 \pm 0,69$ anos.

Tabela 1

Caracterização dos participantes dos estudos.

Estudo	País	GE	GC	Idade (anos)
Brachi et al., 2019	Suíça	11	10	$17 \pm 0,8$
Ribeiro et al., 2019	Portugal	8	8	$18,4 \pm 0,4$
Hammami et al., 2019	Tunísia	14	12	$15,7 \pm 0,2$
Campillo et al., 2018	Espanha	9	9	$17,3 \pm 1,1$
Beato et al., 2017	Suíça	11	10	$17 \pm 0,8$
Fonseca et al., 2017	Brasil	16	8	$16,5 \pm 0,5$
Loturco et al., 2016	Brasil	14	13	$18,4 \pm 1,2$
Granacher et al., 2015	Alemanha	12	12	15 ± 1
Loturco et al., 2015	Brasil	12	12	$18,2 \pm 0,6$
Villarreal et al., 2015	Espanha	13	13	$15,3 \pm 0,3$

Legenda: GE = Grupo experimental, GC = Grupo controle.

A qualidade metodológica dos estudos selecionados é mostrada na tabela 2. Cinco estudos foram classificados como de menor qualidade metodológica, enquanto cinco foram considerados como de maior qualidade metodológica no que se refere ao processo de randomização. Seguindo a geração da sequência aleatória apresentada na tabela 3, dentre os que apresentaram menor qualidade metodológica, estão os estudos de Granacher, Prieske, Majewski, Büsch e Muehlbauer (2015), Villarreal et al. (2015), Loturco et al. (2016), Fonseca et al. (2017) e Hammami, Gaamouri, Shephard e Chelly (2019). Ainda de acordo com o mesmo critério, os estudos que foram classificados como de maior qualidade metodológica, foram os de Loturco et al. (2015), Beato et al. (2017), Campillo et al. (2018), Bianchi et al. (2019) e Ribeiro et al. (2019).

Tabela 2

Qualidade metodológica dos estudos.

Estudos	Critérios					Total
	1a	1b	2a	2b	3	
Bianchi et al., 2019	1	1	0	0	1	3
Campillo et al., 2018	1	1	0	0	1	3
Beato et al., 2017	1	1	0	0	1	3
Loturco et al., 2015	1	1	0	0	1	3
Ribeiro et al., 2019	1	1	0	0	1	3
Loturco et al., 2016	1	-1	0	0	1	1
Fonseca et al., 2017	1	-1	0	0	0	0
Hammami et al., 2019	1	-1	0	0	0	0
Granacher et al., 2015	1	-1	0	0	0	0
Villarreal et al., 2015	1	-1	0	0	1	0

Legenda: 1a = Randomizado; 1b = Randomização adequada; 2a = Haver cegamento; 2b = Cegamento adequado; 3 = Perda da amostra.

A tabela 3 mostra a avaliação do risco de viés dos estudos selecionados. Todos os estudos foram classificados como risco de viés incerto de acordo com a ferramenta de colaboração Cochrane.

Tabela 3

Risco de viés dos estudos.

Estudos	Critérios							Risco
	1	2	3	4	5	6	7	
Bianchi et al., 2019	Baixo	Incerto	Incerto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Incerto
Ribeiro et al., 2019	Baixo	Baixo	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto
Hammami et al., 2019	Incerto	Incerto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto
Campillo et al., 2018	Baixo	Incerto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto
Beato et al., 2017	Baixo	Incerto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto
Fonseca et al., 2017	Incerto	Incerto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto
Loturco et al., 2016	Incerto	Incerto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto
Granacher et al., 2015	Incerto	Incerto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto
Loturco et al., 2015	Baixo	Baixo	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto
Villarreal et al., 2015	Incerto	Incerto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	Incerto

Legenda: 1 = Geração da sequência aleatória; 2 = Ocultação de alocação; 3 = Cegamento de participantes e profissionais; 4 = Cegamento de avaliadores de desfechos; 5 = Desfechos incompletos; 6 = Relatos de desfechos seletivos; 7 = Outras fontes de viés.

A tabela 4 apresenta as características metodológicas e os principais resultados dos estudos incluídos na presente revisão. Os 7 primeiros estudos utilizaram o TP como intervenção, sem associação com outros métodos e avaliaram diferentes tipos de saltos representados pelo SCM, SSC e salto horizontal (SH) em todos os resultados apresentados, além de outras variáveis de desempenho (Granacher et al., 2015; Loturco et al., 2015; Loturco et al., 2016; Fonseca et al., 2017; Bianchi et al., 2019; Hammami et al., 2019; Ribeiro et al., 2019). Os outros 3 estudos (Villarreal et al., 2015; Beato et al., 2018; Ramirez-Campillo et al., 2018) realizaram intervenções mistas, envolvendo algum tipo de treinamento pliométrico, associado com outros métodos, como o de aceleração, de resistência de força, fundamentos do futebol e mudanças de direção e também comparados com outros GE ou GC.

O período de intervenção dentre os estudos selecionados variou de 5 a 9 semanas. A frequência de treinamento

Tabela 4
Dados extraídos dos estudos incluídos.

Estudo	Intervenção	VT		Variáveis avaliadas	Resultados
		DT (sem)	FT (s/sem)		
Bianchi et al., 2019	GI1: TP (+VT) GI2: TP (+VT)	8	2	T1: SH (cm) T2: Sprint (40m) (s) T3: Agilidade (s)	GI1 ↑ (T1,T2,T3) GI2 ↑ (T1,T2,T3)
Hammami et al., 2019	GI: TP GI2: TP + Veloc. GC: RPT	8	4	T1: SSC (cm) T2: SSC (cm) T3: Sprint (5m) (s) T4: Sprint (40m) (s)	GI2 ↑ (T1,T2) * GI ↓ (T3,T4,T5) *
Roberto et al., 2019	GI: TSH + TSV GC:	7	2	T1: SCM (cm) T2: SSC (cm) T3: Sprint (30m) (s)	GI/GC ↑ (T1,T2) GI/GC ↓ (T3)
Campillo et al., 2018	GI1: TP + TF (RB) GI2: TP + TF (RU)	8	4	T1: SCM Bilat. T2: SCM Unid. T3: SSC Bilat. T4: SSC Unid. (L.Dom) - i (L.NDom) - 2	GI2 ↑ (T2) * GI2 ↑ (T3) * GI2 ↑ (T4) * GI2 ↑ (T4)2 * GI2 ↑ (T2)2 *
Beato et al., 2017	GI1: TP + MDD GI2: MDD	6	2	T1: SH (cm) T2: triple hop test (cm) (LD) T3: triple hop test (cm) (LE)	GI1 ↑ (T1,T2,T3) GI2 ↑ (T1,T2,T3)
Fonseca et al., 2017	GI1: TPA GI2: TPS GC: RPT	6	2	T1: SSC (cm) T2: DMIT (Escala de Dor)	GI2 ↑ (T1) * GI1 ↑ (T1) GI1 ↓ (T2) *
Granacher et al., 2015	GI: TPSE GC: TPSE	8	2	T1: SSC (cm) T2: Sprint (30 m) T3: Agilidade (s)	GI ↑ (T1) * GI ↓ (T2,T3) GC ↑ (T1) GC ↓ (T2,T3)
Loturco et al., 2016	GI: SSC GC: PO	6	6	T1: SSC (cm) T2: SCM (cm) T3: Sprint (30m) (s) T4: Agilidade (s)	GI ↑ (T1,T2) GC ↑ (T2) GC ↓ (T3)
Loturco et al., 2015	GI1: TSV GI2: TSH	5	2	T1: SCM (cm) T2: SH (cm) T3: Sprint (20m) (s)	GI1 ↑ (T1,T2) * GI2 ↑ (T2) *
Villarreal et al., 2015	GI: TP + Accel. + drible + chute GC: RPT	9	2	T1: SCM (cm) T2: Abalakov (cm) T3: Veloc. chute e bola (LD/LE)	GI ↑ (T1) * GI ↑ (T2) * GI ↑ (T3) *

Legenda: VT= Volume de treinamento; DT= Duração de treinamento; FT= Frequência de treinamento; GI= Grupo de intervenção; GC= Grupo controle; TP= Treinamento pliométrico; SE= Superfície estática; SH= Superfície instável; SSC= salto sem contramovimento; SCM= salto com contramovimento; TSV= Treinamento de salto vertical; TSH= Treinamento de salto horizontal; SH= salto horizontal; PO= Posição Olímpica; TPA= Treinamento pliométrico aquático; TPS= Treinamento pliométrico no solo; RPT= Regime padrão de temporada (treinos técnicos e táticos); DMIT= Dor muscular de início tardio; TF= Treino de força; Veloc.= Velocidade; Accel.= Aceleração; LD= lado direito; LE= lado esquerdo; MDD= Treino de mudança de direção; RB= Resistência bilateral; RU= Resistência unilateral; L.Dom= Lado dominante; L.NDom= Lado não dominante; T= Teste; ↑= aumento; ↓= redução; scm= sentar; s/sem= vezes por semana; s= segundos; cm= centímetros; m= metros; * p<0,05.

apresentou variação de 2 a 6 sessões de treinos realizados semanalmente. Instrumentos de alta tecnologia foram utilizados nos métodos de avaliação (3 fitas métricas digitais, 3 plataformas de força, 5 plataformas de salto/contato, 2 portões com raios infravermelhos e 5 aparelhos de fotocélulas).

Dentre as avaliações, cinco variáveis de desempenho físico (IV, SH, velocidade, agilidade e mudanças de direção) foram observadas. Dentre as avaliações realizadas, a IV foi a de maior verificação com 15 procedimentos, sendo nove através do método SCM, cinco por intermédio do SSC e uma com a técnica de Abalakov, em que o atleta também realiza o SCM, entretanto, com a utilização da elevação dos membros superiores acima da cabeça.

A segunda variável de desempenho mais utilizada nas avaliações foi a velocidade, que envolveu cinco avaliações para distância de 30m, três testes de 40m, duas avaliações de 5m e somente um procedimento de 20m. As variáveis agilidade, coordenação (caracterizadas pelas rápidas mudanças de direção), e o SH foram avaliadas três vezes em cada teste. Os saltos tripos horizontais (realizados através de saltos unipodais) foram observados em duas avaliações, tendo a velocidade do chute com a bola, a única variável que envolveu um fundamento do futebol e que foi avaliada somente uma vez.

Discussão

O objetivo desta revisão sistemática foi verificar os efeitos do TP sobre a IV em atletas de futebol de campo na faixa etária de 15 a 18 anos. Os saltos verticais mais utilizados para

testar a função neuromuscular são o SCM, o SSM e o Salto em Profundidade (Moreno, 2020). Na maioria dos estudos, o TP produziu aumento sobre a IV. As intervenções mistas também proporcionaram efeitos positivos sobre a IV, conforme observados nos estudos de Villarreal et al. (2015), Beato et al. (2017), Campillo et al. (2018) e Hammami et al. (2019). A seguir, são apresentados os estudos incluídos na revisão agrupados de acordo com os tipos de intervenções e as variáveis analisadas.

Intervenções Mistas – Associação do TP com outros métodos de treinamento

Dentre as intervenções que produziram resultados significativos sobre as variáveis de desempenho analisadas, as intervenções mistas que envolveram a utilização do TP associado a outros métodos, dentre eles o treinamento de força (TF) realizado por Ramirez-Campillo et al. (2018) e o TP associado à aceleração, ao drible e ao chute, elaborado por Villarreal et al. (2015), apresentaram resultados positivos sobre todas as variáveis analisadas.

Ramirez-Campillo et al. (2018) encontraram um aumento sobre o SCM somente quando o treinamento pliométrico foi associado a alguma variável de força, como no caso da utilização do treinamento pliométrico e de força bilateral (TPCR_{bil}). Neste estudo, dois grupos foram submetidos aos mesmos tipos de tratamento associados, compostos por um TF para os extensores e flexores do joelho e por um treinamento que incluíam exercícios de SH em um total de 8 semanas. A diferença entre os grupos era que um grupo utilizou os saltos unilaterais e o outro de forma bilateral, onde algumas sessões de treinos técnicos de futebol foram substituídas pelos treinos de SH.

Um único estudo da presente revisão sistemática comparou os efeitos do treinamento pliométrico associado às técnicas dos fundamentos do futebol, que incluiu aceleração, drible e chute. O grupo controle somente realizou treinos de rotina de futebol sobre variáveis motoras que incluíam os movimentos dos jogadores com e sem a bola, além da verificação da IV (Villarreal et al., 2015). Os resultados encontrados confirmaram as hipóteses de que a combinação de exercícios técnicos de futebol e TP, associado a treinos de rotina no futebol, aumentou de forma significativa a IV e a performance da velocidade do chute em jogadores iniciantes na faixa etária utilizada nesta pesquisa, observados na prática do futebol.

Treinamento pliométrico como intervenção isolada sobre diferentes variáveis de desempenho

O TP realizado isoladamente entre os GE (Granacher et al., 2015; Loturco et al., 2015; Fonseca et al., 2017; Hammami et al., 2019) proporcionou aumentos sobre a IV. No estudo de Bianchi et al. (2019), foram comparados os efeitos do treinamento pliométrico como variável independente, realizado com baixo volume, 1x/sem (GT1), com alto volume, 2x/sem (GT2), sobre os resultados dos testes de salto em distância (SH) realizado com os dois pés, o teste de salto triplo (ST) unipodal, a corrida de velocidade de 10, 30 e 40m

e o teste de mudanças de direção (MDD). O treinamento produziu melhora significativa na performance de ambos os grupos envolvidos, com aumento sobre o SH (tamanho do efeito $[d]=1,0\pm0,77$), ST unipodal direito ($d=0,32\pm0,28$), ST unipodal esquerdo ($d=0,46\pm0,32$) e velocidade de 10m ($d=0,62\pm1,0$).

No trabalho realizado por Beato et al. (2018), foi utilizado um protocolo de TP e o protocolo MDD. Ambos os métodos foram realizados sobre um dos grupos, que se submeteu aos dois tipos de intervenções simultaneamente, ou seja, o MDD-TP e um outro grupo, que foi submetido somente ao método MDD, que objetivou também verificar as respostas sobre os sprints de velocidade de 10, 30 e 40m, o SH, o ST unipodal e o MDD, 2x/sem, após 6 semanas de treinamento. Não foram observadas mudanças significativas na performance pré e pós-teste de ambos os grupos (MDD-TP e MDD). Entretanto, houve aumento no SH, assim como no sprint de 10m, apresentando semelhança com os resultados encontrados no estudo de Bianchi et al. (2019).

Estudos que avaliaram a IV através do salto com contramovimento (SCM)

A variável SCM foi analisada em oito diferentes estudos (Granacher et al., 2015; Loturco et al., 2015; Villarreal et al., 2015; Loturco et al., 2016; Fonseca et al., 2017; Hammami et al., 2019; Ramirez et al., 2018; Ribeiro et al., 2019). Todavia, somente Hammami et al. (2019) encontraram aumentos significativos sobre o SCM, quando utilizaram o treinamento de contraste, ou seja, a realização do TP associado ao TF, pois a realização isolada do TP não apresentou resultados positivos sobre o SCM. Isso também ocorreu no estudo de Ribeiro et al. (2019) sobre a IV, tanto no SCM, quanto no SSC, após sete semanas de aplicabilidade combinada de treinamento pliométrico vertical e horizontal.

Contrariamente a Hammami et al. (2019) e Ribeiro et al. (2019), a eficácia da aplicabilidade de intervenções que envolveram somente o TP e que obtiveram resultados significativos sobre a IV, avaliados através do SCM foi identificada em três outros estudos (Loturco et al., 2015; Granacher et al., 2015; Fonseca et al., 2017), realizados dentro da faixa etária estipulada nesta revisão, com jogadores de futebol através do SCM.

No estudo de Loturco et al. (2015) foram utilizados dois GE, durante cinco semanas, 2x/sem, onde um dos grupos se submeteu ao treinamento de salto vertical (TSV), denominado (GII) e o outro ao treinamento de salto horizontal (TSH), identificado como (GI2). O que mais se evidenciou neste estudo foi que, mesmo na ausência de um treinamento específico para a velocidade, ambos os tipos de treinos (TSV e TSH) foram efetivos em desenvolver esta habilidade específica em ambos os grupos.

Segundo Loturco et al. (2015), o GII produziu efeitos significativos, não apenas sobre o SV, mas também sobre o SH, além dos benefícios sobre os aspectos mecânicos observados na corrida de velocidade, evidenciada pelas adaptações cinemáticas específicas proporcionada por cada método de treinamento nas diferentes fases da corrida. Além disso, conforme hipotetizado pelos autores, o GII apresentou adaptações superiores sobre o SV, verificado através do SCM, enquanto o GI2 demonstrou maior aumento somente sobre a

distância do SH, devido as semelhanças na biomecânica dos movimentos de ambas as habilidades motoras.

Estudos que avaliaram a IV através do salto sem contramovimento (SSC)

O SSC é a outra variável motora dependente, que utiliza somente a fase concêntrica da contração, ou seja, é aquela que não recruta o CAE, que caracteriza o SCM. O SSC foi analisado por quatro autores nesta revisão sistemática (Loturco et al., 2016; Hammami et al., 2019; Ramirez-Campillo et al., 2018; Ribeiro et al., 2019). Dentre esses estudos, somente Hammami et al. (2019) e Ramirez-Campillo et al. (2018) encontraram resultados positivos sobre a IV, através do SSC. Entretanto, o estudo de Ribeiro et al. (2019), apesar de não ter encontrado um aumento estatisticamente significativo, também apresentou uma tendência de aumento sobre a IV, através do SSC e do SCM.

Este aumento encontrado no estudo de Hammami et al. (2019), oriundo apenas do TF de contraste, composto de um exercício de meio-agachamento com 70 a 90% de uma repetição máxima (1RM), realizado 4x/sem, durante 8 semanas, na comparação intragrupo, corrobora com o estudo de Ramirez-Campillo et al. (2018), que utilizaram o mesmo período de tempo e frequência semanal que o protocolo de treinamento de Hammami et al. (2019). Adicionalmente, Ramirez-Campillo et al. (2018) utilizaram exercícios de força para os extensores e flexores de joelho, realizados em 3 séries de 10 repetições com 70% de 1RM associados ao TP horizontal unilateral e bilateral.

Treinamento pliométrico realizado em ambientes e superfícies instáveis

No estudo de Fonseca et al. (2017), que realizou, durante 6 semanas, 2x/sem, 2 protocolos de treinamento de saltos em profundidade, partindo de um plinto com 50cm de altura para ambos os grupos, sendo um em forma de TP realizado diretamente sobre o solo (TPS) e de treinos pliométricos executado em ambientes instáveis, como na água (TPA), em uma piscina com profundidade de 1m. Foram encontradas semelhanças nos resultados de IV, quando comparados ao estudo de Granacher et al. (2015), que utilizou treinos pliométricos sobre diferentes tipos de superfícies, sendo um grupo de saltos sobre uma base estável também realizada diretamente sobre o solo (treinamento pliométrico sobre superfície estável – TPSE) e outro grupo sobre superfícies instáveis (treinamento pliométrico sobre superfície instável – TPSI). O TPSI utilizou, principalmente, sessões de treinamento atlético e de reabilitação com Airex®, Balance Bean Airex®, Balance Pad Thera-Band®, Stability Trainer, Togu®, Aero Step.

Em ambos os estudos foram encontrados resultados semelhantes significativos sobre a IV, verificada através do SCM, sobre ambos os GE, ou seja, sobre o TPS no estudo de Fonseca et al. (2017) e no TPSE verificado na pesquisa de Granacher et al. (2015), onde ambos os grupos realizaram os respectivos treinamentos sobre superfícies estáveis.

Entretanto, no que se refere à comparação da performance da IV em superfícies instáveis, através do SCM, somente sobre o grupo de TPA, no estudo realizado por Fonseca et al. (2017), ocorreram resultados significativos, na

comparação intragrupo e também quando comparado ao GC. Contrariamente, no estudo de Granacher et al. (2015) não foram encontradas diferenças significativas na IV, sobre o grupo TPSI na análise intragrupo.

Como pontos positivos desta revisão, pode-se destacar a apresentação de diferentes estudos envolvendo a intervenção com o TP isoladamente ou de forma associada com outros métodos de treinamento e que demonstraram resultados positivos sobre a IV e outras variáveis físicas, conforme observado nas pesquisas selecionadas.

Limitações do Estudo

Dentre as limitações deste estudo, encontram-se a inclusão de estudos com diferentes volumes de treinamento, principalmente no que se refere ao número total de semanas e a frequência semanal de treinos, o que pode ter interferido em alguns resultados encontrados. Conforme apresentado anteriormente, cinco artigos apresentaram uma menor qualidade metodológica (Granacher et al., 2015; Villarreal et al., 2015; Loturco et al., 2016; Fonseca et al., 2017; Hammami et al., 2019). Estes estudos foram classificados desta forma devido ao risco incerto em relação à geração de uma sequência aleatória, assim como no que diz respeito à possibilidade de ocultação da alocação, além de não ter ocorrido o cegamento dos participantes e dos profissionais envolvidos nos respectivos estudos. Entretanto, todos estes artigos citados acima apresentaram uma maior qualidade metodológica porque relataram a randomização e a perda amostral de forma detalhada.

Conclusão

A utilização do TP como única variável ou associado a outros métodos de treinamento inseridos na presente revisão corrobora com outros estudos que também utilizaram treinos de saltos isoladamente ou agregados a outras intervenções, que igualmente produziram aumentos significativos sobre a IV em atletas de futebol na faixa etária dos 15 aos 18 anos. No presente estudo, outras respostas positivas foram encontradas em variáveis como a velocidade de *sprint* e a agilidade devido ao TP. Dessa forma, o TP se apresentou como uma ferramenta efetiva para aumentar a IV e o desempenho de variáveis associadas à potência de membros inferiores em jogadores de futebol de campo nesta faixa de idade específica.

Recomendam-se novas investigações experimentais com maior padronização e mais rigor metodológico, que envolvam a associação do TP com outros métodos de intervenção em diferentes fases da periodização de treinamento. Novos estudos com o objetivo de se adequar o treinamento para cada etapa da maturação, visando alcançar uma maior excelência para o desenvolvimento das aptidões físicas, cada vez mais exigidas na formação e na evolução do futebol de campo, também devem ser mais investigados dentre os jogadores das categorias de base, desta importante modalidade esportiva de âmbito mundial.

Referências

Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B.

- (2018). Effects of plyometric and directional training on speed and jump performance in elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 289-296. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002371>
- Bianchi, M., Coratella, G., Dello Iacono, A., & Beato, M. (2019). Comparative effects of single vs. double weekly plyometric training sessions on jump, sprint and change of directions abilities of elite youth football players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(6), 910-915. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08804-7>
- Carvalho, A. P. V., Silva, V., & Grande, A. J. (2013). Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados pela ferramenta da colaboração Cochrane. *Diagnóstico e Tratamento*, 18(1), 38-44.
- Coratella, G., Chemello, A., & Schena, F. (2016). Muscle damage and repeated bout effect induced by enhanced eccentric squats. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(12), 1540-1546.
- Delgado, A. A., & Gómez, G. A. (2018). Valores del espectáculo de fútbol en el estadio: un estudio de caso. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 33, 96-101. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i33.55658>
- Di Mascio, M., & Bradley, P. S. (2013). Evaluation of the most intense high-intensity running period in English FA premier league soccer matches. *Journal of Strength and Conditional Research*, 27(4), 909-915. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825ff099>
- Fernández-Aljoe, R., García-Fernández, D. A., & Gastélum-Cuadras, G. (2020). La dermatoglia deportiva en América en la última década una revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 38, 831-837. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.76459>
- Fonseca, R. T., Nunes, R. A. M., Castro, J. B. P., Silva, S. G., Dantas, E. H. M., & Vale, R. G. S. (2017). The effect of aquatic and land plyometric training on the vertical jump and delayed onset muscle soreness in Brazilian soccer players. *Human Movement*, 18(5), special issues, 63-70. <https://doi.org/10.1515/humo-2017-0041>
- Galvão, T. F., Pansani, T. S. A., & Harad, D. (2015). Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 24(2), 335-342. <http://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017>
- Granacher, U., Prieske, O., Majewski, M., Büsch, D., & Muehlbauer, T. (2015). The role of instability with plyometric training in sub-elite adolescent soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(5), 386-394. <http://doi.org/10.1055/s-0034-1395519>
- Hammami, M., Gaamouri, N., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of contrast strength vs. plyometric training on lower-limb explosive performance, ability to change direction and neuromuscular adaptation in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2094-2103. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002425>
- Jadad, A. R., Moore, R. A., Carroll, D., Jenkinson, C., Reynolds, D. J. M., Gavaghan, D. J., & McQuay, H. J. (1996). Assessing the quality of reports of randomized

- clinical trials: Is blinding necessary? *Controlled Clinical Trials*, 17(1), 1-12. [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(95\)00134-4](https://doi.org/10.1016/0197-2456(95)00134-4)
- Jlid, M. C., Racil, G., Coquart, J., Paillard, T., Bisciotti, G. N., & Chamari, K. (2019). Multidirectional plyometric training: very efficient way to improve vertical jump performance, change of direction performance and dynamic postural control in young soccer players. *Frontiers in Physiology*, 10, 1462. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01462>
- Jurado-Lavanant, A., Fernandez-Garcia, J. C., & Alvaro-Cruz, J. R. (2013). Aquatic plyometric training. *Science and Sports*, 28(2), 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2012.08.004>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Maldonado, T., Piazza, A. F., Bottino, A., Kitamura, K., Abad, C. C. C., Arruda, M., & Nakamura, F. Y. (2016). Improving sprint performance in soccer: Effectiveness of jump squat and olympic push press exercises. *PLoS One*, 11(4), e0153958. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0153958>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Zanetti, V., Kitamura, K., Abad, C. C. C., & Nakamura, F. Y. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2182-2191. <http://doi.org/10.1080/02640414.2015.1081394>
- Makaruk, H., Czaplicki, A., Sacewicz, T., & Sadowski, J. (2014). The effects of single versus repeated plyometrics on landing biomechanics and jump performance in men. *Biology of Sport*, 31(1), 9-14. <http://doi.org/10.5604/20831862.1683273>
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859-895. <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>
- Mohr, M., Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Barbero-Alvarez, J. C., Castagna, C., & Douroudos, I. (2016). Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *European Journal of Applied Physiology*, 116, 179-93. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3245-2>
- Moran, J., Sandercock, G. R. H., Ramirez-Campillo, R., Meylan, C., Collison, J., & Parry, D. A. (2016). Age-related variation in male youth athletes' countermovement jump after plyometric training: A meta-analysis of controlled trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 552-565. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001444>
- Moreno, S. M. (2020). La altura del salto en contramovimiento como instrumento de control de la fatiga neuromuscular. Revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 37, 820-826. <https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.73302>
- Muehlbauer, T., Wagner, V., Brueckne, D., Schedler, S., Schwierz, G. R., Kiss, G., & Hagen, M. (2019). Effects of a blocked versus an alternated sequence of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 11, 18. <https://doi.org/10.1186/s13102-019-0131-y>
- Parada, S. A. C., & Vargas, M. A. C. (2020). Diseño y validación de un instrumento observacional para la valoración de acciones tácticas ofensivas en fútbol – vatof. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 38, 306-311. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.76622>
- Ramírez-Campillo, R., Pedreros, M. V., Olguín, C. H., Salazar, C. M., Alvarez, C., & Nakamura, F. Y. et al. (2015). Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *Journal of Sports and Science*, 34(8), 687-693. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1068439>
- Ramírez-Campillo, R., Sanchez-Sanchez, J., Gonzalo-Skok, O., Fernandez, A. R., Carretero, M., & Nakamura, F. Y. (2018). Specific changes in young soccer player's fitness after traditional bilateral vs. unilateral combined strength and plyometric training. *Frontiers in Physiology*, 9, 265. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00265>
- Ribeiro, J., Teixeira, L., Lemos, R., Teixeira, A. S., Moreira, V., Silva, P., & Nakamura, F. Y. (2019). Effects of plyometric versus optimum power load training on components of physical fitness in young male soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 222-230. <http://doi.org/10.1123/ijssp.2019-0039>
- Romero-Moraleda, B., López-Rosillo, A., González-García, J., & Morencos, E. (2020). Efectos del foam roller sobre el rango de movimiento, el dolor y el rendimiento neuromuscular: revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 38, 879-885. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.75532>
- Slimani, M., Paravliae, A., & Bragazzi, N. L. (2017). Data concerning the effect of plyometric training on jump performance in soccer players: A meta-analysis. *Data in Brief*, 15, 324-334. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.09.054>
- Soñen, D. F., Miguel, D. F., Azze, A. M., & Fuente, F. P. (2021). Influencia de un entrenamiento pliométrico monopodal y Bipodal sobre la fuerza explosiva del tren inferior y la corrección de asimetrías en karatekas. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 39, 367-371. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78818>
- Villarreal, E. S., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1894-1903. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000838>
- Yanci, J., & Camara, J. (2016). Bilateral and unilateral vertical ground reaction forces and leg asymmetries in soccer players. *Biology of Sport*, 33(2), 179-183. <https://doi.org/10.5604/20831862.1198638>



2 ESTUDO 2: THE EFFECT OF AQUATIC AND LAND PLYOMETRIC TRAINING ON THE VERTICAL JUMP AND DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS IN BRAZILIAN SOCCER PLAYERS

SCIENCE IN SOCCER

HUMAN MOVEMENT

2017;18(5):special/issue: 63–70



THE EFFECT OF AQUATIC AND LAND PLYOMETRIC TRAINING ON THE VERTICAL JUMP AND DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS IN BRAZILIAN SOCCER PLAYERS

original paper
doi: 10.1515/humo-2017-0041

RENATO TAVARES FONSECA¹, RODOLFO DE ALKMIM MOREIRA NUNES¹,
JULIANA BRANDÃO PINTO DE CASTRO¹, VICENTE PINHEIRO LIMA¹,
SÉRGIO GREGÓRIO SILVA², ESTÉLIO HENRIQUE MARTIN DANTAS³,
RODRIGO GOMES DE SOUZA VALE⁴

¹ Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil

² Federal University of Paraná, Curitiba, Brazil

³ Federal University of the State of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil; Tiradentes University, Aracaju, Brazil

⁴ Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil; Estácio de Sá University, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brazil

ABSTRACT

Purpose. To compare the effects of aquatic and land plyometric training on the vertical jump (VJ) and delayed onset muscle soreness (DOMS) in soccer players.

Methods. Twenty-four male soccer players aged 16–18 years (16.53 ± 0.5 years) were randomly divided into three groups: aquatic plyometric training (APT) ($n = 8$; age: 16.4 ± 0.4 years; body mass: 68.3 ± 7.54 kg; height: 179.75 ± 8.13 cm); land plyometric training (LPT) ($n = 8$; age: 16.5 ± 0.5 years; body mass: 68.2 ± 7.8 kg; height: 177.0 ± 7.4 cm); and control group ($n = 8$; age: 16.7 ± 0.6 years; body mass: 61.2 ± 6.5 kg; height: 171.43 ± 5.75 cm), not performing any jump program. An identical training program was applied for 6 weeks, totalling 944 jumps. The VJ was evaluated on a leap jump platform and the Visual Analogue Scale measured the change in DOMS perception.

Results. There was a significant increase in the VJ height in both experimental groups (LPT and APT) ($p < 0.05$). A significant reduction in DOMS perception was verified for the APT group in comparison with the LPT group ($p < 0.05$) between the first and last week of training. The foot contact time significantly decreased ($p < 0.05$) in the APT group from pre- to post-test. Significant improvements ($p < 0.05$) were observed in the flight time and jump speed from pre- to post-test in both LPT and APT groups.

Conclusions. APT can increase the VJ height and reduce DOMS perception in soccer players.

Key words: land plyometric training, muscular pain perception, vertical jump, aquatic plyometric training, soccer

INTRODUCTION

A soccer match is characterized by intermittent high-intensity efforts with brief recovery periods [1]. During a soccer game, the prevalence of sprints, jumps, tackles, and dual plays is high [2]. The neuromuscular performance [3], the anaerobic metabolism, and, specifically, the anaerobic power of the lower extremities have been pointed out as crucial factors for the match outcome [4].

Plyometric training (PT) has a positive effect on maximal-intensity exercise in soccer players [5]. One

possible mechanism explaining the efficacy of plyometrics can be related with a specific muscle action called stretch shortening cycle (SSC). This sequence of intense eccentric (stretch) and concentric (shortening) contractions of a muscle produces substantial improvements in jump height owing to energy storage-recoil processes and stretch reflex activation [6].

PT in the form of vertical countermovement jumps on a solid surface is frequently used in studies as a way of provoking exercise-induced muscle damage (EIMD) in the knee extensors [7–9]. The effects of EIMD begin

HUMAN MOVEMENT

R.T. Fonseca et al., Plyometric training in Brazilian soccer players

approximately 6 h after exercise, peak at 24–72 h, and subside 4–7 days after exercise [10–12]. Muscle damage is mainly induced by mechanical stress and disturbances of calcium homeostasis, and a perception of discomfort within the muscle may be developed [10].

Although most PT sessions take place on land, there is increasing interest in aquatic-based exercise. The aquatic environment provides a non-impact medium that produces little strain on muscle, bones, and connective tissue when compared with land activities [13–15].

Water reduces the effects of gravity because of the buoyancy of the body and the increased density of water compared with air [16]. Buoyancy may proffer an upward thrust acting on any partially or fully immersed object in the direction opposite to gravity [17]. Aquatic PT (APT) has been indicated to reduce the symptoms of EIMD as compared with land PT (LPT) [18].

Robinson et al. [19] and Shiran et al. [20] have compared the effects of APT and LPT on muscle damage. Both studies demonstrated that an accurately designed APT program could provide comparable training improvements with an LPT program with less delayed onset muscle soreness (DOMS). If APT produces similar enhancements of performance as LPT with the benefit of reducing muscle stress, APT might be an alternative to traditional PT for the enhancement of physical performance. Thus the efficiency of APT and LPT on drop jump ability and DOMS needs to be investigated more thoroughly [5].

Therefore, the purpose of the present study was to compare the effects of APT and LPT on the vertical jump (VJ) and DOMS in soccer players.

MATERIAL AND METHODS

Participants

The study investigated 24 male soccer athletes from the youth and junior soccer teams of a soccer club in the 1st division of the state of Rio de Janeiro, Brazil, who had competed for at least 2 years and were 16–18 years old (16.53 ± 0.5 years). All participants were still actively playing soccer during the current research. The participants were divided into 2 experimental groups and 1 control group (CG). The experimental groups performed APT ($n = 8$; age: 16.4 ± 0.4 years; body mass: 68.3 ± 7.54 kg; height: 179.75 ± 8.13 cm) and LPT ($n = 8$; age: 16.5 ± 0.5 years; body mass: 68.2 ± 7.8 kg; height: 177.0 ± 7.4 cm). The CG ($n = 8$; age: 16.7 ± 0.6 years; body mass: 61.2 ± 6.5 kg; height: 171.43 ± 5.75 cm) did not participate in any PT program.

The inclusion criteria required that the athletes had a competitive background, had taken part in continuous training for at least 3 months before the study, and had not suffered from a knee injury within the previous 2 years. Athletes who had had any type of knee surgery within the previous 2 years were excluded from the study.

The present study was performed in accordance with the Resolution 466/12 of the National Health Council and the Declaration of Helsinki. The Research Ethics Committee of the Castelo Branco University approved the study under the number 00182008. All participants signed an informed consent form prior to taking part in the study.

Procedures

The subjects were instructed not to perform any physical exercise within the 48 h before the tests. Each player was tested for all conditions in a single visit to the club before the beginning of training. Firstly, the same researcher (intra-class correlation coefficient > 0.90) collected the following anthropometric data of all individuals: (a) total body mass, with the use of electronic scales (model BAL-150PA, 135 Techline, Brazil; scale of 0.1 kg); (b) height, with a stadiometer (model 136 E210, Wiso, Brazil; scale of 0.01 m); and (c) distance of the superior-anterior supra iliac to the bottom of the pool, which corresponded to the immersion levels, with an anthropometric measuring tape (Cescorf Anthropometrics Equipment LTDA, Brazil; scale of 0.01 m).

In all conditions, the individuals practiced for 5 min a set of submaximal countermovement jumps, drops from a 50-cm box, and drop jumps before the VJ test to familiarize themselves with the equipment.

Experimental design

The VJ test began with a drop jump departing from a 50-cm high bench. Knees were extended at 180° and hands were fixed close to the suprailiac hip region. The drop jump consisted of jumping off a bench, when the participants accomplished a fall characterized with one foot forward, the other knee bent, and the body impelling down. Therefore, the participants executed a VJ starting from a standing position with the trunk erect [21].

The jumps were performed on an Axon contact platform with the dimensions of 60×70 cm. The platform allows to determine the height of a jump by timing the length of the participant's flight, and the jump height was assessed from the speed of the vertical

HUMAN MOVEMENT

R.T. Fonseca et al., Plyometric training in Brazilian soccer players

Table 1. Aquatic and land plyometric training protocol

Weeks	Number of days per week	Number of series per day	Interval time (min)	Total number of jumps per series	Total number of jumps per day	Total number of jumps per week
1 st	2	3	2	16	48	96
2 nd	2	3	2	20	60	120
3 rd	2	4	2	16	64	128
4 th	2	4	2	20	80	160
5 th	2	5	3	20	100	200
6 th	2	5	3	24	120	240
Total	12	24	–	–	–	944

take-off from the centre of gravity. In the study by Toumi et al. [21], photoelectric emitters and receptors inside the jump platform started the count of the athlete's time in the air with the moment when the athlete lost contact with the floor and the light beams reached the receptors.

The height of VJ was calculated on the basis of the following formula:

$$\text{height} = g \cdot t^2 \cdot 8^{-1}$$

where 'g' is the gravitational acceleration (9.81 m/s²) and 't' is the time spent in the air, in seconds [22].

Plyometric training

In order to emphasize the proper execution technique in drop jump protocols, 2 preliminary familiarization sessions were undertaken before the measurements. Both APT and LPT groups trained twice a week, on non-consecutive days, during 6 weeks, applying only drop jumps. The LPT occurred on a soccer field, the same environment in which the athletes must perform, and boxes of the same dimensions were used. The participants wore shoes appropriate for jumping on land.

The APT was performed in a pool with a depth of 1 m with water temperature set at $28 \pm 1^\circ\text{C}$, containing two boxes (50 cm height, separated by 1 m). In the basis of the boxes, a material was employed that allowed the settlement of the boxes in the bottom of the pool, without fluctuating or sliding. The athletes performed drop jump training using their superior limbs for support with countermovement jumps. They began on one box, jumped to the ground between the boxes, and then jumped onto the second box. The same protocol was then reversed to complete one repetition. The CG did

not perform any kind of jump program during this period, undergoing just technical soccer training.

Table 1 presents the protocol of the APT and the LPT. The protocols were based on the results of 58 studies concerning PT, 8 of which involved drop jumps in the meta-analysis [23].

Delayed onset muscle soreness

The DOMS of the knee extensors was assessed in each participant through the Visual Analogue Scale [24]. The scale was numbered from 1 to 10 (on the reverse side of the sliding scale), with 1 representing no muscle soreness and 10 indicating that the muscle was very, very sore to move. With hands on hips and squatting to an approximate knee angle of 90° , the volunteers should indicate the level of perceived soreness on the rating scale. This corresponded to the location of the perceived muscle soreness on the continuum. The technique has been used successfully in previous studies [11, 25, 26]. The reliability coefficient for a repetitive measurement in DOMS was 0.98 [24].

Statistical analysis

The data were analysed with the use of the IBM SPSS Statistics 20 for Windows and presented as a mean and standard deviation. The Shapiro-Wilk and Levene's tests were applied to verify the normality and variance homogeneity of the data, respectively. The ANOVA with repeated measures was employed in groups' factors (APT, LPT, and CG) and time (pre- and post-test), followed by the Bonferroni post-hoc test to identify possible differences. In addition, the size effect (*d*) was calculated to analyse the results magnitude of the present study. The study adopted $p < 0.05$ as the significance level.

HUMAN MOVEMENT

R.T. Fonseca et al., Plyometric training in Brazilian soccer players

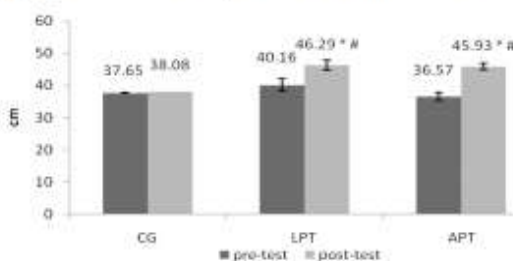
Ethical approval

The research related to human use has been complied with all the relevant national regulations, institutional policies and in accordance the tenets of the Helsinki Declaration, and has been approved by the authors' institutional review board or equivalent committee.

RESULTS

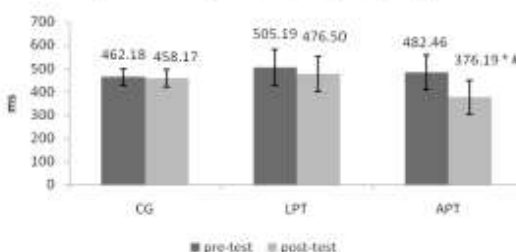
The sample of the study presented a distribution close to the normal curve and the groups were similar at the beginning of the research in all variables analysed. The ANOVA with repeated measures showed an interaction between groups and the moments before and after the intervention (Wilk's lambda = 0.384; $F = 8.539$; $p < 0.001$).

Figure 1 shows the analysis of the VJ height among the studied groups. The VJ height significantly increased ($p < 0.05$) from pre- to post-test in both experimental groups (LPT and APT). In the inter-group comparisons, a significant increase was observed ($p < 0.05$) in the VJ height in LPT and APT groups when compared with CG in the post-test. The effect size in the



CG – control group
LPT – land plyometric training
APT – aquatic plyometric training
* $p < 0.05$ pre-test vs. post-test,
APT post-test and LPT post-test vs. CG post-test

Figure 1. Analysis of vertical jump height



CG – control group
LPT – land plyometric training
APT – aquatic plyometric training
* $p < 0.05$ pre-test vs. post-test
APT post-test vs. LPT post-test and CG post-test

Figure 2. Analysis of foot contact time

APT ($d_{APT} = 5.37 > 0.82$) and LPT ($d_{LPT} = 3.48 > 0.82$) was strong for the VJ and indicated an improvement in results in a substantial number of participants. In the CG, the effect size was poor ($d_{CG} = 0.21 < 0.30$).

Figure 2 presents the analysis of the foot contact time on the ground among the groups. The foot contact time significantly decreased ($p < 0.05$) from pre- to post-test in the APT group. In the inter-group comparisons, a significant decrease was observed ($p < 0.05$) in the foot contact time in APT group when compared with LPT group and CG in the post-test. The effect size in the APT ($d_{APT} = 3.40 > 0.82$) and LPT ($d_{LPT} = 1.26 > 0.82$) was strong for the foot contact time and indicated an improvement in results in a substantial number of participants. In the CG, the effect size was poor ($d_{CG} = 0.22 < 0.30$).

Table 2 presents intra- and inter-group comparisons in the flight time and jump speed variables. Significant improvements ($p < 0.05$) were observed in the flight time and jump speed from pre- to post-test in

Table 2. Analysis of the flight time and jump speed in the sample

Variable	Group	Mean $\pm$ SD (pre-test)	Mean $\pm$ SD (post-test)
Flight time (m/s)	CG	552.17 $\pm$ 6.86	555.67 $\pm$ 6.81
	LPT	561.75 $\pm$ 8.92	595.54 $\pm$ 9.41*
	APT	544.44 $\pm$ 15.33	623.89 $\pm$ 15.62**
Jump speed (m/s)	CG	2.72 $\pm$ 0.03	2.75 $\pm$ 0.04
	LPT	2.61 $\pm$ 0.04	2.99 $\pm$ 0.05*
	APT	2.47 $\pm$ 0.22	3.21 $\pm$ 0.19**

CG – control group
LPT – land plyometric training
APT – aquatic plyometric training
* $p < 0.05$ pre-test vs. post-test
APT post-test vs. CG post-test

Table 3. Analysis of muscle soreness perception in LPT and APT groups

Group	Mean $\pm$ SD (pre-test)	Mean $\pm$ SD (post-test)
LPT	1.83 $\pm$ 0.56	1.50 $\pm$ 0.50
APT	1.61 $\pm$ 1.02	0.19 $\pm$ 0.21**

LPT – land plyometric training
APT – aquatic plyometric training
* $p < 0.05$ pre-test vs. post-test
APT post-test vs. LPT post-test

HUMAN MOVEMENT

R.T. Fonseca et al., Plyometric training in Brazilian soccer players

both experimental groups (LPT and APT). In the inter-group comparisons, there was a significant increase ($p < 0.05$) in flight time and jump velocity in APT when compared with CG in the post-test. The effect size was stronger in the APT group than in the LPT group ($d_{APT} > d_{LPT} > 0.80$) for the variables of flight time and jump speed.

The responses of the groups concerning muscle soreness perception were compared between the first and last week of training. A significant reduction in DOMS was found in the post-test results ($p < 0.001$) of the APT group when compared with the LPT group. The effect size was strong in the APT ($d_{APT} > 0.80$) and moderate in the LPT group ($d_{LPT} < 0.80$). This indicates an improvement in results (Table 3).

DISCUSSION

The results of the present study showed significant differences in the VJ in the intervention groups (APT and LPT) when compared with CG. Söhnlein et al. [27] obtained similar results. They found significant improvements ($p < 0.05$) in the performance of the standing long jump (+ 7.3%), which requires greater muscular power of the quadriceps, similar to what happens in VJ. The elite soccer players ($n = 18$; age: 13.0 ± 0.8 years) also presented an increase in performance in the 20-m sprint time (23.2%; $p < 0.05$), agility time (26.1%; $p < 0.05$), multiple 5 bounds (+ 11.8%; $p < 0.05$) related to speed after 16 weeks of PT, with 2 sessions per week.

A study by Miller et al. [28] also demonstrated, after 6 weeks of PT, significant changes, increasing the VJ height, strength, and muscular power answers. According to Campillo et al. [29], the LPT appears to contribute to the performance in the VJ and in kicking in soccer players. Thus, incorporating plyometrics into the VJ can produce significantly different results regarding this motor ability [30].

Martel et al. [31], after 4 weeks of training, observed that increases in VJ were similar in APT and LPT groups. However, between weeks 4 and 6, the APT group enhanced an additional 8%, whereas the control group showed no further increases. Concentric peak torque during knee extension and flexion improved significantly after 6 weeks in both groups. The results concerning the increase of VJ noted in the APT and LPT groups when compared with CG in the studies by Miller et al. [28] and Martel et al. [31] are similar to those for the VJ in both groups in the present study. The training period (6 weeks) of the present study was the same as applied by both mentioned authors.

Lavanant et al. [18] reported a significant increase in muscle power in the group undergoing aquatic training. Fabricius [17] observed that the group that trained in the land obtained significant development in the tests of speed, agility, and power of lower limbs. However, the aquatic training group showed significant improvement in VJ height and horizontal jump distance. These investigations corroborate the results of the present study in which the inter-group comparisons presented a significant increase ($p < 0.05$) in the VJ height in APT and LPT groups when compared with CG in the post-test. The significant increase proved in the APT group ($p < 0.05$) in intra-group vertical impulsion and in comparison with the CG group probably occurred owing to the resistance offered by the water during the concentric phase of the VJ, which may have contributed to an increase in the muscular power of the quadriceps among these soccer players.

Increased resistance to movement through the water (drag) involves additional muscle activation to overcome the resistance and produce the same movement that is more easily generated in the air [32]. Aquatic exercise provides strength gains through the increased energy needs of the body working in an aquatic environment [33]. According to Louder et al. [34], additionally, acute investigations into kinetic differences between land- and aquatic-based movement suggest potential clinical and performance benefits for movements performed in the water.

Decreased amounts of force applied (load) experienced during landing in APT, facilitating a faster transition from eccentric to concentric activity may occur [17]. Fabricius [17] reported that LPT caused heavier loads (no buoyancy effect) at lower velocities and a longer amortization phase, improving strength but not power. In the study by Colado et al. [16], buoyancy of water reduced the weight, stretch reflex, and amount of eccentric loading experienced during APT, facilitating the concentric muscular component of a plyometric jump, and theoretically shortening the amortization phase of a plyometric task.

In the present study, the foot contact time significantly decreased ($p < 0.05$) from pre- to post-test in the APT group. In the inter-group comparisons, a significant decrease ($p < 0.05$) was also observed in the foot contact time in APT group when compared with LPT group and CG in the post-test. This reduction in post-training contact time in the APT group found in the present study probably decreased the impact force on the soil in the group. Triplett et al. [13] reported that the landing impact force decreased by 44.8% when

HUMAN MOVEMENT

R.T. Fonseca et al., Plyometric training in Brazilian soccer players

jumping in water. The total jump time was shorter ($p < 0.05$) for the aquatic jumps, whereas the time required to reach peak concentric force was not significantly different from the land jumps, despite the greater resistance to movement in the aquatic environment.

In another study [17], APT improved leg power, which can be explained by the use of buoyancy and fluid resistance. Buoyancy reduces the total body mass of the participant, for faster total jump time and theoretically reduced ground contact time. The fluid resistance produces a greater concentric contraction of the SSC. In the present study, significant improvements ($p < 0.05$) were observed in the flight time and jump speed from pre- to post-test in both experimental groups (LPT and APT). In the inter-group comparisons, there was a significant increase ($p < 0.05$) in flight time and jump velocity in APT when compared with CG in the post-test, which can be explained by the use of buoyancy and fluid resistance that probably could raise the leg power of the soccer players in favour of the APT group.

The magnitude of the buoyant force is always equal to the weight of the fluid displaced by the immersed object [35]. Buoyancy has a direct influence upon an object immersed in water, decreasing the effects of gravity [36]. According to Triplett et al. [13] and Donoghue et al. [14], this could be estimated for the properties of water, specifically, where the buoyancy provided owing to fluid density compared with air density reduces significantly (by 33–54%; $p < 0.05$) the ground reaction forces (GRF) in water compared with land for all exercises. This was consistent with previous research [13, 14] that found reductions of 45% and 59% in peak GRF during single- and double-leg squat jumps in aquatic environment at the level of the xiphoid process.

The reduction in contact time noted in favour of the APT group ($p < 0.05$) in the present study probably decreased the impact force on the soccer players, even with a lower depth of water, when compared with that used in the studies previously mentioned [13, 14]. According to Miller et al. [37], some studies have shown that both shallow-water and deep-water training have benefits depending on the type and purpose of training. In the present study, the water surface was at the level of the iliac crest of the participants. This depth seemed to be sufficient, since it presented a significant reduction ($p < 0.05$) in the DOMS reports when compared with the LPT group. It suggests a decrease in the impact on the APT group, since the high vertical GRFs have been identified as

the main causes of soccer injury, owing to the stress that they exert on the musculoskeletal system [2].

Among the effects of PT in the aquatic environment, it is important to highlight the results of landing phases of the drop jump and the subjective perception of DOMS, since this type of training generates a great eccentric load. Increasing immersion leads to a decrease in the landing phase ($p < 0.001$), with the decrease in peak forces between immersions being greater with deeper immersion levels [35]. In the present study, the immersion level of 1-m depth seems to have been efficient because of the significant reduction ($p < 0.05$) in the DOMS responses observed in the APT group when compared with the LPT group.

Aquatic training becomes an important training strategy as it allows recreational athletes to maintain their performance in the VJ with the decrease of DOMS [38]. In the present study, the APT group obtained a significant increase in vertical impulsion ($p < 0.05$), similar to LPT group and higher than CG, but with a significant reduction in DOMS in the post-test results ($p < 0.05$) when compared with the LPT.

The results obtained in the studies by Triplett et al. [13], Donoghue et al. [14], Colado et al. [16], Lavanant et al. [18], and Robinson et al. [19] with jumps performed directly on the ground presented higher subjective perception of DOMS after 48 and 96 h of training sessions because of the increase in the training load. These results differ from the findings of Miller et al. [28] and the present study, which indicated significantly higher subjective perception of DOMS ($p < 0.05$) in the group that performed jumps on the land as compared with the group of jumps performed in the water and with the CG after 6 weeks of training.

The significant reduction of the DOMS ($p < 0.05$), found in the APT group compared with the LPT group in the present study, may have occurred owing to the reduction of impact in the aquatic training. This was also observed in the study by Fabricius [17], presenting significantly reduced (by 33–54%) GRF in water for all exercises ($p < 0.05$). This was consistent with previous research that proved reductions of 45% and 59% in peak GRF during single- and double-leg squat jumps in water at the level of the xiphoid process [13, 16].

Nielson [39] showed significant reductions in the impact force that could be attributed to the buoyancy force experienced by the body. This lower rate of force development (RFD) impact suggests reductions in the stress to the musculoskeletal system [40]. In another study, the impact force and impact force development rate were two parameters that indirectly indicated the stress level that the musculoskeletal system receives

HUMAN MOVEMENT

R.T. Fonseca et al., Plyometric training in Brazilian soccer players

[41]. Therefore, aquatic jumps could generate less joint stress because impact force RFD can be 80% slower in water than on dry land [13].

The peak responses of the reaction force against the land observed in several studies [2, 13, 14, 16, 35] indicated a reduction in DOMS responses and some muscle injury markers in the groups of jumps performed in water when compared with those performed directly on the land. The present study did not evaluate the peak of the reaction force against the land. This could be considered as its limitation, since the information could contribute to the comparative analyses of APT and LPT.

CONCLUSIONS

The PT program employed in the present study proved to be efficient, as it provided a significant increase of VJ in both training groups (APT and LPT). However, the APT group achieved a reduction in the time of contact with the land and the responses of the DOMS when compared with the results obtained in the LPT group.

Aquatic environment may constitute an alternative to be used by soccer athletes and physically active individuals at different stages of training, with the objective of increasing the performance of vertical impulse, with reduction of the impact and the DOMS. These conditions can prevent injuries resulting from PT.

It is recommended that studies investigate the effects of PT on creatine kinase, the peak of the reaction force against the land, the specific location of pain, and the intensity of possible inflammatory conditions of the involved muscles aroused by training. These variables may contribute to the prevention of muscular injuries.

Disclosure statement

Disclosure statement: No author has any financial interest or received any financial benefit from this research.

Conflict of interest

Authors state no conflict of interest.

References

- Di Mascio M, Bradley PS. Evaluation of the most intense high-intensity running period in English FA premier league soccer matches. *J Strength Cond Res*. 2013;27(4):909–915; doi: 10.1519/JSC.0b013e31825ff099.
- Yanci J, Camara J. Bilateral and unilateral vertical ground reaction forces and leg asymmetries in soccer players. *Biol Sport*. 2016;33(2):179–183; doi: 10.5604/20831862.1198638.
- Haugen TA, Tønnessen E, Seiler S. Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995–2010. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013;8(2):148–156; doi: 10.1123/ijsspp.8.2.148.
- Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med*. 2005;35(6):501–536; doi: 10.2165/00007256-200535060-00004.
- Campillo RR, Pedreros MV, Olguín CH, Salazar CM, Alvarez C, Nakamura FY, et al. Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *J Sports Sci*. 2015;34(8):687–693; doi: 10.1080/02640414.2015.1068439.
- Makaruk H, Czaplicki A, Sacewicz T, Sadowski J. The effects of single versus repeated plyometrics on landing biomechanics and jump performance in men. *Biol Sport*. 2014;31(1):9–14; doi: 10.5604/20831862.1083273.
- Macaluso F, Isaacs AW, Di Felice V, Myburgh KH. Acute change of titin at mid-sarcomere remains despite 8 wk of plyometric training. *J Appl Physiol*. 2014;116(11):1512–1519; doi: 10.1152/jappphysiol.00420.2013.
- Major BP. Moderate intensity cycling following eccentric contractions does not attenuate indirect markers of muscle damage. *Electronic Thesis and Dissertation Repository*; 2013.
- Jakeman JR, Byrne C, Eston RG. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(6):1137–1144; doi: 10.1007/s00421-010-1464-0.
- Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Gourgoulis V, Avloniti A, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, et al. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *J Strength Cond Res*. 2010;24(5):1389–1398; doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d1d318.
- McFarlin BK, Venable AS, Henning AL, Sampson JNB, Pennel K, Vingren JL, et al. Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral supplementation with bioavailable curcumin. *BBA Clin*. 2016;5:72–78; doi: 10.1016/j.bbacli.2016.02.003.
- Nicol LM, Rowlands DS, Fazakerly R, Kelllett J. Curcumin supplementation likely attenuates delayed onset muscle soreness (DOMS). *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(8):1769–1777; doi: 10.1007/s00421-015-3152-6.
- Triplett NT, Colado JC, Benavent J, Alakhdar Y, Madera J, Gonzalez LM, et al. Concentric and impact forces of single-leg jumps in an aquatic environment versus on land. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(9):1790–1796; doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a252b7.
- Donoghue OA, Shimojo H, Takagi H. Impact forces of plyometric exercises performed on land and in water. *Sports Health*. 2011;3(3):303–309; doi: 10.1177/1941738111403872.
- Torres-Ronda L, Del Alcázar XS. The properties of water and their applications for training. *J Hum Kinet*. 2014;44(1):237–248; doi: 10.2478/hukin-2014-0129.
- Colado JC, Garcia-Masso X, González LM, Triplett NT, Mayo C, Merce J. Two-leg squat jumps in water:

HUMAN MOVEMENT

R.T. Fonseca et al., Plyometric training in Brazilian soccer players

- an effective alternative to dry land jumps. *Int J Sports Med.* 2010;31(2):118–122; doi: 10.1055/s-0029-1242814.
17. Fabricius DL. Comparison of aquatic- and land-based plyometric training on power, speed and agility in adolescent rugby union players. Thesis, Stellenbosch University; 2011. Available from: <http://hdl.handle.net/10019.1/17811>.
 18. Lavanant AJ, Cruz JRA, Blanco FP, Romero CM, Rossell DR, Garcia JCF. The effects of aquatic plyometric training on repeated jumps, drop jumps and muscle damage. *Int J Sports Med.* 2015 [Epub ahead of print]; doi: 10.1055/s-0034-1398574.
 19. Robinson LE, Devor ST, Merrick MA, Buckworth J. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *J Strength Cond Res.* 2004;18(1):84–91; doi: 10.1519/00124278-200402000-00012.
 20. Shiran MY, Kordi MR, Ziaee V, Ravasi A, Mansournia MA. The effect of aquatic and land plyometric training on physical performance and muscular enzymes in male wrestlers. *Res J Biol Sci.* 2008;3(5):457–461.
 21. Toumi H, Best TM, Martin A, F'Guyer S, Poumarat G. Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. *Int J Sports Med.* 2004;25(5):391–398; doi: 10.1055/s-2004-815843.
 22. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377–381; doi: 10.1249/00005768-198205000-00012.
 23. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med.* 2007;41(6):349–355; doi: 10.1136/bjsm.2007.035113.
 24. Arazi H, Eston R, Asadi A, Roozbeh B, Zarei AS. Type of ground surface during plyometric training affects the severity of exercise-induced muscle damage. *Sports.* 2016;4(1):15; doi: 10.3390/sports4010015.
 25. Twist C, Eston RG. The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94(5–6):652–658; doi: 10.1007/s00421-005-1357-9.
 26. Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Martino F, Fiorini S, Wisloff U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness, jumping and sprinting ability in soccer players. *Br J Sports Med.* 2008;42(1):42–46; doi: 10.1136/bjsm.2007.038497.
 27. Söhnlein Q, Müller E, Stöggel TL. The effect of 16-week plyometric training on explosive actions in early to mid-puberty elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 2014;28(8):2105–2114; doi: 10.1519/JSC.0000000000000387.
 28. Miller M, Ploeg AH, Dibbet TJ, Holcomb WR, Berry, DC, O'Donoghue J. The effects of high volume aquatic plyometric training on vertical jump, muscle power, and torque. *J Strength Cond Res.* 2010;24(1):1; doi: 10.1097/01.JSC.0000367176.63902.62.
 29. Campillo RR, Meylan C, Alvarez C, Olguín CH, Martínez C, Jamett RC, et al. Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2014;28(5):1335–1342; doi: 10.1519/JSC.0000000000000284.
 30. Stojanović E, Ristić V, McMaster DT, Milanović Z. Effect of plyometric training on vertical jump performance in female athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2017;47(5):975–986; doi: 10.1007/s40279-016-0634-6.
 31. Martel GF, Harmer ML, Logan JM, Parker CB. Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(10):1814–1819; doi: 10.1249/01.mss.0000184289.87574.60.
 32. Jurado-Lavanant A, Fernandez-Garcia JC, Alvero-Cruz JR. Aquatic plyometric training [in French]. *Sci Sports.* 2013;28(2):88–93; doi: 10.1016/j.scispo.2012.08.004.
 33. Wang YC, Zhang N. Effects of plyometric training on soccer players. *Exp Ther Med.* 2016;12(2):550–554; doi: 10.3892/etm.2016.3419.
 34. Louder TJ, Searle CJ, Bressel E. Mechanical parameters and flight phase characteristics in aquatic plyometric jumping. *Sports Biomech.* 2016;15(3):342–356; doi: 10.1080/14763141.2016.1162840.
 35. Hauptenthal A, Ruschel C, Hubert M, Fontana HB, Roesler H. Loading forces in shallow water running at two levels of immersion. *J Rehabil Med.* 2010;42(7):664–669; doi: 10.2340/16501977-0587.
 36. Wertheimer V, Jukic I. Aquatic training: an alternative or a complement to the land-based training. *Hrvat Šports Vjesn.* 2014;28(2):57–66.
 37. Miller MG, Cheatham CC, Porter AR, Ricard MD, Hennigar D, Berry DC. Chest- and waist-deep aquatic plyometric training and average force, power, and vertical-jump performance. *Int J Aquat Res Educ.* 2007;1(2):145–155; doi: 10.1201/9781420058987.ch9.
 38. Dell'Antonio E, Ruschel C, Hauptenthal A, Roesler H. Aquatic plyometric training: applicability for sport performance [in Portuguese]. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2016;24(4):213–219.
 39. Nielson SL. Comparison of land and aquatic loaded countermovement jump landings in female NCAA Division I collegiate athletes. Logan: Utah State University; 2017.
 40. Louder T, Bressel E, Baldwin M, Dolny DG, Gordin R, Miller A. Effect of aquatic immersion on static balance. *Int J Aquat Res Educ.* 2014;8(1):53–65; doi: 10.1123/ijare.2013-0014.
 41. Irmischer BS, Harris C, Pfeiffer RP, DeBeliso MA, Adams KJ, Shea KG. Effects of a knee ligament injury prevention exercise program on impact forces in women. *J Strength Cond Res.* 2004;18(4):703–707; doi: 10.1519/R-13473.1.

3 ESTUDO 3: EFFECTS OF PLYOMETRIC AND STRENGTH TRAINING ON VERTICAL JUMP AND RATING OF PERCEIVED EXERTION, PAIN AND MUSCULAR PEAK POWER IN YOUNG MALE BRAZILIAN SOCCER PLAYERS

Effects of plyometric and strength training on vertical jump, rating of perceived exertion, pain, and muscular peak power in young male Brazilian soccer players

Head title: Effects of plyometric and strength training in young soccer players

AUTHORS: Renato Tavares Fonseca¹, Gustavo Casimiro Lopes¹, Juliana Brandão Pinto de Castro¹, Luciano Alonso Valente dos Santos², Bruno Lucas Pinheiro Lima¹, Gilson Ramos de Oliveira Filho⁴, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes¹, Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,2}

¹ Postgraduate Program in Exercise and Sport Sciences, Sport Laboratory (LABES), Institute of Physical Education and Sports, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil.

² Rio de Janeiro Federal University, Rio de Janeiro, Brazil.

³ Rio de Janeiro State University, College of Application, Rio de Janeiro, Brazil.

⁴ Estácio de Sá University, Cabo Frio-RJ, Brazil.

ORCID ID

Autor	ORCID	E-mail
Renato Tavares Fonseca	0000-0002-7715-2892	renatosmedc@gmail.com
Gustavo Casimiro Lopes	0000-0002-6329-3918	gustavo.casimiro@gmail.com
Juliana Brandão Pinto de Castro	0000-0002-5656-0782	julianabrandaoflp@hotmail.com
Luciano Alonso Valente dos Santos	0000-0002-7375-946X	alonso.lvs@gmail.com
Bruno Lucas Pinheiro Lima	0000-0003-3340-9948	brunolucas008@gmail.com
Gilson Ramos de Oliveira Filho	0000-0002-3914-5296	gilsonolivfil@gmail.com
Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes	0000-0001-9707-2649	rodolfoalkmim@gmail.com
Rodrigo Gomes de Souza Vale	0000-0002-3049-8773	rodrigogsvale@gmail.com

Conflict of interest declaration: The authors declare no conflict of interest.

Effects of plyometric and strength training on vertical jump, rating of perceived exertion, pain, and muscular peak power in young male Brazilian soccer players

ABSTRACT:

This study analyzed the effects of plyometric and strength training on vertical jump (VJ), rating of perceived exertion (RPE), delayed-onset muscle soreness (DOMS), and absolute (APP) and relative (RPP) muscle peak power in young male soccer players. The groups were randomly divided into strength (STG), plyometric training (PTG), and control group (CG). VJ was analyzed using a jumping platform. DOMS and RPE were analyzed with the Borg's Visual Analogue Scale (VAS) and the Adapted Borg Scale (ABS), respectively. Only the STG showed improvements in countermovement jump (CMJ) ($p=0.038$, $d=0.66$). The STG presented too, an increase in squat jump (SJ) ($p=0.005$, $d=2.12$), as in APP ($p=0.008$, $d=1.42$) and RPP ($p=0.005$, $d=1.42$). The PTG showed improvements in SJ ($p=0.049$, $d=1.07$), but only STG showed an increase ($p<0.05$) in APP (3190.67 ± 338.49 W) and RPP (47.75 ± 5.01 W/Kg). In the intragroup comparisons, it was observed on STG and PTG an increase ($p<0.05$) in RPE and DOMS. Between groups, the PTG presented differences ($p<0.05$) compared with STG and CG, with a higher increase on RPE and DOMS. The CMJ test presented strong correlations between APP and VJ ($r=0.426$, $p=0.031$), RPP and VJ ($r=0.757$, $p=0.001$), and APP and RPP ($r=0.674$, $p=0.001$). There were positive correlations in SJ between APP and VJ ($r=0.414$, $p=0.030$), RPP and VJ ($r=0.740$, $p=0.001$) and between APP and RPP ($r=0.608$, $p=0.001$). The STG promoted an increase in both types of jumps, with a greater APP and RPP and a lower RPE and DOMS in the young soccer players.

Keywords: plyometric training, muscle strength, vertical jump, adolescent, DOMS, soccer.

INTRODUCTION

Soccer is an intermittent sport with frequent activity changes. This game demands a high number of explosive movements such as accelerations, decelerations, changes of direction as well as jumps, impacts, shots, and tackles [1]. These actions require power and strength of the lower limb's muscles, valences considered important for the performance of young players of this modality [2, 3].

Vertical jumping ability is widely used in sports settings as an objective index for the reliable evaluation of lower limb power in young athletes [4]. There is also evidence that vertical jumping ability is an essential element in the performance of several fundamental skills in various team sports (e.g., volleyball, basketball, and soccer) [5].

However, VJ height is one of the most sensitive measures to quantify training-related fatigue and athletic performance in elite athletes. The smallest worthwhile change (SWC) is considered essential in “progressive statistics” to judge meaningful performance fluctuations [6].

The implementation of neuromuscular training, using strength, plyometric, and speed training strategies, during maturation, are effective in promoting the physical development of young soccer players [7]. During a soccer match, muscle power and strength are critical physical factors for successful participation. Plyometric activities are widely implemented as a training methodology for enhancing functional sports performance [8].

Typical plyometric exercises include the countermovement jump (CMJ), which is a jump that uses the eccentric and concentric phases of muscle contraction, and the drop jump (DJ), which are jumps done from a higher height towards the ground. The DJ uses different movement patterns than the CMJ due to shorter contact time and there is a greater contribution of the stretch-shortening cycle (SSC) mechanism for the DJ [9]. Studies have examined the effect of plyometric, strength, and neuromuscular training on general and on specific performance in youth soccer players [10–16].

The participation in strength training (ST) programs seems to induce large gains in strength and moderate improvements in speed and other factors related to soccer’s performance [14–17]. ST is also usually applied to the development of the musculoskeletal system of young soccer players, including the squat jump (SJ), which uses only the concentric phase of muscle contraction [15].

The SJ is one of the exercises most frequently used to develop the quadriceps muscle’s concentric strength since it can improve both lower extremity power and specific sport physical performances [16]. Previous investigations have explored the relationships between absolute strength and several predictors, such as relative strength, muscle resistance, and muscle power

of athletic performance in male soccer players [16–18]. Maximal strength, as measured by the one-repetition maximum (1RM) back squat, was highly correlated with improved sprint performance, change of direction speed, and vertical jump (VJ) height in adolescent male soccer players [16, 17].

Thus, improving power is a primary focus of many strength and conditioning programs [19]. There are ways to improve power and speed. One recommendation is to improve both absolute and relative strength through a combination of lower-body resistance training, weightlifting, and plyometric training [19].

The implementation of well-structured methods of training may improve strength, speed, change of directions, and skill performance of young soccer players [10, 12, 13]. However, high demands of physical effort tend to promote a greater risk of muscle injuries, which are associated with sports that promote accelerations, rapid decelerations, jumps, cuts, spins, or kicks, which can produce a physical performance reduction, as observed in soccer. Nevertheless, it is not clear yet, that young soccer players demonstrate the same favorable changes in some physical performances and physiological responses to strength and plyometric training programs, separately. Therefore, the present study aimed to analyze the effects of plyometric and ST program on VJ, rating of perceived exertion (RPE), delayed-onset muscle soreness (DOMS), and absolute and relative peak power in young male soccer players.

MATERIALS AND METHODS

This is an experimental study, with two different types of intervention, applied to different training groups. The following inclusion criteria were adopted: (a) be male; (b) age between 16 and 18 years old which correspond to the final stage of maturation; (c) have not suffered any muscle injury in the last 2 years; (c) not having any muscle damage diagnosed on the lower limbs in the last 6 months; (d) never having participated in any systematic plyometric

and muscle ST program before; (e) not to be competing throughout the study period. The exclusion criteria will be: (a) to be considered physically unfit by a medical evaluation; (b) present any type of acute or chronic pathological condition that could be aggravated during the battery of tests or the proposed intervention; (c) using anti-inflammatory or hormone replacement drugs; (d) obtain less than 75% presence in activities during the intervention period; The participants were asked to abstain from any physical conditioning program during this study. None of the subjects were taking any medications or nutritional supplements.

The G*Power 3.1 software estimated the need for a total of 27 soccer players, divided into 3 groups of 9 participants each. As input, were informed statistical test: ANOVA with repeated measurements and within-between interaction; effect size of 0.25; α of 0.05; power of 0.95; number of groups = 3; number of measurements = 2; correlation coefficient among repeated measures = 0.5. The magnitude of the smallest worthwhile change (SWC) was used for the analysis of exercise performance due to its singular specificity for small sample size, the practical relevance of the changes, and the typical error of measurements.

All procedures were conducted according to the Declaration of Helsinki and Resolution 466/12 of the Brazilian National Health Council. This study was approved by the Research Ethics Committee of the Rio de Janeiro State University (process number: 4.626.823).

Before participation in the study, the parents of the young soccer players were informed about the procedures of the study (including risks and benefits) and that the authors were committed to maintaining confidentiality of the data. The parents signed an informed consent form and the young soccer players signed an assent form.

The groups were randomly distributed through a simple draw using the random function of the Excel software [20]. The first drawn was allocated in the plyometric training group (PTG), the second in the strength training group (STG), and the third in the control group (CG), alternately and consecutively, until all participants were allocated in one of the groups

[20]. The volunteers of the CG only participated in lower intensity technical training, during the same period of the STG and PTG, without having participated in any physical training program during the study period.

However, before the procedures, 2 young soccer players were removed from the study due to muscle injuries. One of them was in the STG and the other was in the CG. Hence, a total of 25 soccer players were included in the selection of the groups. The groups were thus divided in PTG (n = 9), STG (n = 8), and CG (n = 8). Table 1 presents the characteristics of the groups.

Table 1. Individual characteristics of the groups

Variables	PTG	STG	CG
Age (years)	17.3 ± 0.7	17.4 ± 0.5	17.3 ± 0.5
Height (cm)	175.9 ± 5.8	174.2 ± 5.1	174.6 ± 7.9
Body mass (kg)	65.4 ± 6.3	67.2 ± 8.0	68.3 ± 8.0

Note: PTG = plyometric training group; STG = strength training group; CG = control group.

The subjects were tested in two different types of jumps: CMJ and SJ, with three consecutive jumps during each test, totaling six vertical jumps for each voluntary. The instruction given to the volunteers was as follows: “jump as high as you can” for both tests. At first, the young soccer players performed the CMJ, followed by the SJ, both with the hands fixed on the hips. They performed 3 jumps, with an interval of two minutes between each attempt, with an interval of five minutes between the CMJ and SJ test [21].

The initial knee flexion angle was not specified, but all the subjects performed the CMJ test between 60° e 90° of knee flexion. The athletes were instructed to execute a downward movement followed by a complete extension of the knees to determine the countermovement amplitude to avoid changes in jumping coordination. In the SJ, athletes were required to remain in a static position with a 90° knee flexion angle for 3-second before jumping, without any

preparatory movement. The highest jump from the three attempts was used for data analysis. The VJ height, the flight time, as well the absolute and relative power were evaluated. Pre- and post-training measurements were made two days before and one day after the completion of the programs [21].

The soccer players performed the tests on a contact platform with a sampling rate of 1,000 Hz (60 × 60 cm; Elite Jump, S2 Sports, São Paulo, Brazil). The validation of the Elite Jump contact was done after using a force platform as the criterion to measure VJ height [6].

INTERVENTION PROCEDURES

Plyometric Training

The evaluators received training one week before the beginning of the intervention to minimize the occurrence of errors during the procedures. All sessions of the interventions were done in the morning, after all of the players have informed that followed all the guidelines in the food recall given by the researchers before the start of the training.

The soccer players used two benches with a height of 50 cm each. The benches were positioned at 1 meter between each other. Before the start of the intervention, PTG performed 30 minutes of a brief adaptation, with the accomplishment of 1 set of 10 repetitions of the drop jump (DJ). The hands were supported in the pelvic girdle region, during the jumps, which were performed from an upper plane towards the ground. The jumps were performed from a superior plane, over one of the benches directing the body towards the ground, through the initial projection of one of the limbs, to contact both feet at the same time on the ground, for the immediate execution of VJ towards the other bench ahead (DJ). The same procedure was performed from there towards the initial bench, completing one repetition [22].

The program lasted 6 weeks for each experimental group and was done twice a week, where the number of repetitions was counted after the round-trip cycle (from the number of

foot contacts on the ground), which were performed at the highest possible speed. The program was designed based on a systematic review, which involved the analysis of the 22 studies with DJ exercises [21]. The plyometric training program is described in table 2.

Table 2. Plyometric Training Program

Week	Days	Sets	Repetitions	Interval	Jumps/repetition	Jumps/day	Jumps/week	Total of Jumps
1 st	2	3	8	2'	24	48	96	96
2 nd	2	3	8	2'	24	48	96	192
3 rd	2	4	8	2'	32	64	128	320
4 th	2	4	8	2'	32	64	128	448
5 th	2	4	10	3'	40	80	160	608
6 th	2	4	10	3'	40	80	160	768

Strength Training

The determination of maximum dynamic voluntary muscle strength was performed using the 1 repetition maximum (RM) in the high bar parallel back squat, according to the procedures before the intervention [23]. In the 1st practice session's test, the STG performed a general warm-up of five minutes, with the high bar parallel back squat, where the players performed 2 sets of 5 repetitions of underloaded parallel squats (around 50% of body mass). On the 2nd practice session's test, the subjects were tested to determine the maximum load for each player of this group. The maximum load that the volunteer could support with the bar resting on the shoulders, starting from the standing position up to 90° of hips and knee flexion, and immediately after it, to rise this load with the bar on the same position, extending completely the knees without any help, determined the 1RM load for each player. An interval of 3 minutes was performed between the attempts until the highest lifted load was achieved [23].

In the program, the participants completed 1 repetition only when the 2 lower limbs were alternately directed forward during the half-squat, completing 1 roundtrip performed at low speed by the members of the STG. The ST program is presented in table 3.

Table 3. Strength Training Program

Week	Days	Sets	Repetitions	Interval	Semi-squats (Repetitions)	Semi-squats (day)	Semi-squats (week)	Load (1RM)	Semi-squats (Total movements)
1 st	2	3	8	2'	24	48	96	60%	96
2 nd	2	3	8	2'	24	48	96	70%	192
3 rd	2	5	6	2'	30	60	120	70%	312
4 th	2	5	6	2'	30	60	120	80%	434
5 th	2	5	6	3'	30	60	120	80%	554
6 th	2	5	6	3'	30	60	120	90%	674

The researches were submitted to a training period to correctly apply the anchoring of the Borg's Visual Analogue Scale (VAS) and the Adapted Borg Scale (ABS) [24], respectively. The participants were submitted to a program of sensitization to the responses of DOMS and RPE for one week before to answer the questionnaires. The VAS has a score ranging from 0 to 10, with the following grading: 0 = absence of pain; 1–2 = minimal pain; 3–5 = moderate pain; 7–8 = severe pain; 9–10 = extreme pain. The RPE has a score from 0 to 10, where: 0 = rest; 1 = extremely light; 2 = very light; 3 = too light; 4 = light; 5 = mild moderate; 6 = moderate; 7 = moderate-intense; 8 = intense; 9 = very intense; 10 = exhaustive [24].

Statistical Analysis

The data were presented in a descriptive way using mean and standard deviation. Normality and sphericity of data were determined using Shapiro-Wilk and Bartlett tests, respectively. Repeated measures ANOVA was applied to STG, PTG, and CG (pre and post-test) for intra- and intergroup comparisons, followed by the adjusted Bonferroni post-hoc test

to identify possible differences. The Pearson correlation test was used to analyze the associations between the variables of the study. The effect size (d) was calculated to analyze the magnitude of the results. It was used for interpretation: < 0.2 : weak; $0.2-0.79$: moderate; ≥ 0.8 : strong. The SWC was calculated by 0.6 multiplied by Standard Deviation (SD), with relevant results to high and low fitness level subjects, when the score is between - 0,6 and + 0,6. The significance level was set at $p < 0.05$ for all tests. Data were analyzed by the SPSS Statistics 23.

RESULTS

Considering the SWC responses, at first glance, this analysis could suggest that PT and ST promoted effects of low magnitude with 0.6 SWC. Based on statistical proposals, for amateur or recreational fitness level of participants, the 0.6 SWC should be considered. The CMJ comparisons are presented in table 4. Only STG showed an increase on the CMJ ($p=0.03$, $d=0.66$), as on APP ($p=0.008$, $d=1.42$) and RPP ($p=0.005$, $d=1.42$).

Table 4. Countermovement jump (CMJ)

	PTG		STG		CG	
	pre	post	pre	post	pre	post
VJ (cm)	34.97 $\pm$ 2.97	37.62 $\pm$ 3.61	34.26 $\pm$ 6.27	38.41 $\pm$ 4.98*	34.10 $\pm$ 5.02	34.33 $\pm$ 3.09
ET (ms)	1.07 $\pm$ 0.62	0.92 $\pm$ 0.51	1.02 $\pm$ 0.88	0.53 $\pm$ 0.37	1.06 $\pm$ 0.43	1.04 $\pm$ 0.79
APP (W)	2927.07 $\pm$ 371.43	3044.19 $\pm$ 378.14	2876.75 $\pm$ 303.19	3190.67 $\pm$ 338.49*	2919.93 $\pm$ 325.90	2900.46 $\pm$ 491.65
RPP (W/Kg)	44.78 $\pm$ 2.68	46.67 $\pm$ 3.77	43.00 $\pm$ 3.34	47.75 $\pm$ 5.01*	43.50 $\pm$ 3.70	43.25 $\pm$ 4.56

Note: * $p < 0.05$ pre vs. post, intragroup comparisons; PTG = plyometric training group; STG = strength training group; CG = control group; VJ = vertical jump; cm = centimeters; ; ET = elevation time; ms = milliseconds; APP = absolute muscle peak power; W = watts; RPP = relative muscle peak power; W/Kg = watts per kilogram; Effect size (# Strong Effect): VJ/PTG[#]; APP/STG[#]; RPP/STG[#]; († Moderate Effect): RPP/PTG[†]; APP/PTG[†]; ET/PTG[†]; VJ/STG[†]. In the intergroups comparison, there were no significative differences.

The SJ comparisons are observed in table 5. Both groups presented increases in SJ (PTG: $p=0.04$, $d=1.07$; STG: $p=0.005$, $d=2.12$), but only in STG occurred an increase in APP ($p=0.046$, $d=0.56$) and RPP ($p=0.010$, $d=1.23$).

Table 5. Squat jump (SJ)

	PTG		STG		CG	
	pre	post	pre	post	pre	post
VJ (cm)	30.98 ± 3.34	34.56 ± 3.89*	31.19 ± 2.70	36.90 ± 5.73*	31.36 ± 3.58	31.92 ± 3.64
ET (ms)	0.71 ± 0.26	0.87 ± 0.54	0.75 ± 0.29	0.53 ± 0.37	0.71 ± 0.17	0.93 ± 0.28
APP (W)	2890.74 ± 293.17	3140.66 ± 323.28	2916.36 ± 402.65	3190.67 ± 338.49*	2896.13 ± 322.76	2929.93 ± 345.59
RPP (W/Kg)	43.22 ± 1.48	47 ± 5.20	42.62 ± 3.54	47.75 ± 5.01*	42.5 ± 3.25	42.25 ± 3.45

Note: * $p<0.05$ pre vs. post; intragroup comparisons; PTG = plyometric training group; STG = strength training group; CG = control group; VJ = vertical jump; cm = centimeters; ET = elevation time; ms = milliseconds; APP = absolute muscle peak power; W = watts; RPP = relative muscle peak power; W/Kg = watts per kilogram; Effect Size (# Strong Effect): VJ/PTG[#]; VJ/STG[#]; RPP/STG[#]) - († Moderate Effect): RPP/PTG[†]; APP/STG[†]; ET/PTG[†]; SWC/PTG[†]. In the intergroup comparisons, there were no significant differences.

The table 6 shows intragroup and intergroup comparisons of the RPE and DOMS, on STG and PTG. The PTG presented a low baseline average of DOMS before the training and a low baseline average RPE but a higher increase at the end of the 6th week for DOMS and RPE. VAS and ABS questionnaires were answered by the STG, too, 24h before the 1st training with a low baseline average of DOMS and after the 6th week. A baseline average of RPE was found before the 1st training and 24h after the last one. It was found lower responses of both perceived scales in the STG compared to the PTG.

Table 6. Intragroup and intergroups comparisons of RPE and DOMS

	PTG		STG		CG	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
RPE	0.33 ± 0.50	7.00 ± 0.71* [#]	0.37 ± 0.52	3.75 ± 0.89*	0.88 ± 0.60	3.88 ± 0.64*
DOMS	0.44 ± 0.53	5.89 ± 0.93* [#]	0.38 ± 0.52	3.88 ± 0.64*	0.50 ± 0.53	3.50 ± 0.87*

Note: RPE = rating of perceived exertion; DOMS = delayed-onset muscle soreness. * $p < 0.05$, pre vs. post; # $p < 0.05$, comparisons intergroups: (RPE) = PTG $\times$ STG#; (RPE) = PTG $\times$ CG#; (DOMS) = PTG $\times$ STG#; (DOMS) = PTG $\times$ CG#.

In table 7, it was observed correlations between APP and VJ, RPP and VJ, as between APP and RPP in CMJ.

Table 7. Correlations between the results on the CMJ test

		VJ	ET	APP
ET	r	0.375		
	p-value	0.065		
APP	r	0.426*	-0.123	
	p-value	0.031	0.558	
RPP	r	0.757*	0.371	0.674*
	p-value	<0,001*	0.068	<0,001*

Note: VJ = vertical jump; ET = elevation time; APP = absolute muscle peak power; RPP = relative muscle peak power; * $p < 0.05$.

In table 8, it was observed positive correlations between APP and VJ, RPP and VJ, as between APP and RPP in SJ.

Table 8. Correlations between the results on the SJ test

		VJ	ET	APP
ET	r	0.234		
	p-value	0.261		
APP	r	0.414*	0.169	
	p-value	0.030*	0.420	
RPP	r	0.740*	0.137	0.608*
	p-value	<0,001*	0.515	0.001*

Notes: VJ = vertical jump; ET = elevation time; APP = absolute muscle peak power; RPP = relative muscle peak power * $p < 0.05$.

DISCUSSION

This study compared the effects of a plyometric and ST program on VJ, RPE, and DOMS correlated with the absolute and relative muscle peak power in young soccer players. The results observed on VJ, showed in table 4, showed that only in STG occurred a significative increase ($p<0.05$) on CMJ. In another study about the changes in explosive strength performance in sub-20 Brazilian soccer players, with a period of intervention similar to our study (i.e., after 8 weeks of training), it was possible to observe an increase of $5.56 \pm 1.85\%$ ($p=0.01$) on CMJ [25].

In the current study, the STG produced an increase of 4.15 cm on CMJ after 6 weeks of training, which is equivalent to 10.8%. The higher increase on CMJ in our study compared with the results of Hespanhol et al. [25] may have been produced by the half-squat movements, performed by the STG, that is similar to the biomechanical movement of the CMJ.

In this study, the STG showed an increase ($p<0.05$) on the APP and the RPP, which seems to demonstrate a greater efficiency of the ST on muscle peak power. In another study about the velocity-based training of lower limb to improve absolute and relative power outputs in concentric phase of half-squat in soccer players, the training protocol increased RPP (47.5 ± 2.6 ; $p<0.001$) and APP (1507.8 ± 206.1 ; $p<0.001$), after 2 training sessions per week for 10 weeks [26]. These results corroborate with the increase of the post-test values, founded on the RPP and the APP in STG in the current study, even with a shorter training time.

Another research comparing the effects of plyometric and isometric training on dynamic and isometric force-time characteristics concluded that only the isometric training resulted in improved relative muscle peak strength of endurance runners [27]. In the present study, only the STG showed an increase ($p<0.05$) on the APP and the RPP, which corroborates with the results of this previous study [27] since the ST also produced a greater increase ($p<0.05$) over the absolute and relative muscle peak power of young soccer players. This probably could also

have produced an increase over the relative muscle peak strength, in the present study, if this variable had also been evaluated.

Some studies have reported significant decreases in VJ ability on CMJ height after inducing fatigue in the lower limbs by requesting the subjects to sequentially extend/flex their knees in some programs of training [28, 29]. In the present study, the higher number of jumps in the PTG (768 jumps), compared to the STG program (674 half-squats movements), may have contributed to not having a significant increase in CMJ among PTG volunteers, probably due to the greater RPE observed through the ABS scale [24] and the DOMS collected through the VAS [24].

It could be observed a significant increase ($p < 0.05$) on RPE and DOMS on the members of the PTG when compared with the STG and the CG. In another study about the effects of lower body muscular fatigue on VJ, it was identified that muscle fatigue typically occurs after high-intensity exercise or prolonged bouts of physical activity [30].

Probably, the lower result in VJ observed in the PTG in CMJ test, compared with the STG test, might have been influenced by the fatigue due to the great increase in the result of the RPE and DOMS found in PTG, probably due to the greater landing impact force produced by the DJ, which also occurred in another study that used this same type of jump to verify the effects of aquatic (APT) and land plyometric training (LPT). The group that performed the LPT presented a higher subjective perception of DOMS compared with the APT group [22].

The results in this study could probably explain one of the main reasons that the plyometric training did not produce the expected effect on the CMJ, due to the performance of the PTG has been done through DJ on a solid surface, where some studies showed that this method is one of the causes of exercise-induced muscle damage (EIMD) in the knee extensors, on eccentric contractions [31–34].

Fatigue can be defined as a decline in tension capacity or force output after repeated muscle contractions [31]. This may result in negative effects on an individual's overall performance. The VJ height is one of the most sensitive markers of fatigue to monitor elite athletes [35, 36]. For instance, the CMJ height has shown to be progressively reduced over a 7-week training block in youth rugby players, who were considered “overloaded” by their concomitant participation in college and representative teams [36]. In the present study, although the CMJ height, after 6 weeks, did not show a reduction in PTG, there was not a significant increase between pre and post-test.

The DJ used in PTG with a greater number of jumps (768), compared with a lower number of half-squat movements performed by the STG (674), could have contributed to the higher increase ($p < 0.05$) observed on the RPE and DOMS in the PTG compared with the STG and the CG, in the current study.

The higher progressive evolution of neuromuscular performance presented in SJ, principally for the STG, probably contributed to the positive results on ET. In this present study, it was possible to observe an increase ($p < 0.05$) on ET between pre-test (0.70 ± 0.43 ms) and post-test (0.84 ± 0.35 ms). However, in CMJ, occurred a reduction in ET, between pre-test (1.25 ± 0.77 ms) and post-test (0.92 ± 0.48 ms).

In another study, significant correlations were found between lower-body strength and performance, especially the relative muscle strength of soccer players [37]. This study found strong correlations between absolute and relative muscle peak power with VJ in the STG group. Other scientific studies [38, 39] also reported significant correlations between maximal strength and an increase in VJ performance in male soccer athletes.

These findings contrast with another study that found a moderate relationship between absolute muscle strength and VJ height [40]. Based on the results of these investigations, it

appears that improving absolute muscle strength might bring more benefits if it also enhances the relative muscle strength in this population.

Limitations of the study

New studies must be conducted with different training protocols and including biochemical responses of muscle injury markers to verify other correlations with RPE and DOMS. In our study, we collected blood samples with this intention, however, due to the coronavirus pandemic, it was not possible to access the analyses. It would be important to investigate more deeply the relationships between the SWC measures and actual variables in sports performance, in both individual and team sports, like soccer.

Conclusions

The ST produced an increase on VJ, through the CMJ and SJ, while the PT promoted a significative elevation, only in SJ. The ST promoted a greater APP and RPP and lower RPE and DOMS in the young soccer players. The results obtained by the STG in the CMJ and the SJ were an interesting training alternative to develop a greater APP and RPP among young soccer players, too. Different methods of PT must be tested, with a lower impact on the land to obtain higher results on VJ with lower responses of RPE and DOMS to prevent injuries among young soccer players.

REFERENCES

1. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Alvarez JC, Castagna C, Douroudos I. Muscle damage, inflammatory, and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *Eur J App Physiol*. 2016;116(1):179–193.
2. Flávio JM, Oliveira DCX, Souza EG. Efeito do treinamento pliométrico no desempenho da velocidade e altura dos saltos vertical e horizontal para jovens jogadores de futebol. *Rev Bras Futsal e Futebol*. 2018;10(41):673–680.
3. Ferley DD, Scholten S, Vukovich MD. Combined sprint interval, plyometric, and strength training in adolescent soccer players: effects on measures of speed, strength, power, change of direction, and anaerobic capacity. *J Strength Cond Res*. 2020;34(4):957–968.
4. Manske R, Reiman M. Functional performance testing for power and return to sports. *Sports Health*. 2013;5(3):244–250.
5. Konstantina K, Vassilis G, Vasileios V, Nikolaos M, Konstantinos F, Panagiotis L. Can sport-specific training affect vertical jumping ability during puberty? *Biol Sport*. 2019;36(3):217–224.
6. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Kitamura K, Abad CCC, Marques G, Gerriero A, Moraes JE, Nakamura FY. Validity and usability of a new system for measuring and monitoring variations in vertical jump performance. *J Strength Cond Res*. 2017;31(9):2579–2585.
7. Rumpf MC, Cronin JB, Oliver JL, Hughes MG. Vertical and leg stiffness and stretch-shortening cycle changes across maturation during maximal sprint running. *Human Mov Science*. 2013;32(4):668–676.
8. Bianchi M, Coratella G, Dello Iacono A, Beato M. Comparative effects of single vs. double weekly plyometric training sessions on jump, sprint and change of directions abilities of elite youth football players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019;59(6):910–915.
9. Makaruk H, Czaplicki A, Sacewicz T, Sadowski J. The effects of single versus repeated plyometrics on landing biomechanics and jumping performance in men. *Biol Sport*. 2014;31(1):9–14.
10. Hammami M, Negra Y, Aouadi R, Shephard RJ, Chelly MS. Effects of an in-season plyometric training program on repeated change of direction and sprint performance in the junior soccer player. *J Strength Cond Res*. 2016;30(12):3312–3320.
11. Keiner M, Sander A, Wirth K, Caruso O, Immesberger P, Zawieja M. Strength performance in youth: trainability of adolescents and children in the back and front squats. *J Strength Cond Res*. 2013;27(2):357–362.
12. Michailidis Y, Fatouros IG, Primpa E, Michailidis C, Avloniti A, Chatzinikolaou A, et al. Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res*. 2013;27(1):38–49.
13. Sáez de Villarreal E, Suarez-Arrones L, Requena B, Haff GG, Ferrete C. Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *J Strength Cond Res*. 2015;29(7):1894–1903.
14. Sander A, Keiner M, Wirth K, Schmidtleicher D. Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *Eur J Sport Sci*. 2013;13(5):445–451.
15. Panagoulis C, Chatzinikolaou A, Avloniti A, Leontsini D, Deli CK, Draganidis D, Stampoulis T, Oikonomou T, Papanikolaou K, Rafailakis L, Kambas A, Jamurtas AZ, Fatouros IG. In-season integrative neuromuscular strength training improves performance of early-adolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res*. 2020;34(2):516–526.
16. Hoyo M, Gonzalo-Skok O, Sañudo B, Carrascal C, Plaza-Armas JR, Camacho-Candil F, Otero-Esquina C. Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training,

- and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 2016;30(2):368–377.
17. 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.
 18. Styles WJ, Matthews MJ, Comfort P. Effects of strength training on squat and sprint performance in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2016; 30(6):1534–1539.
 19. Dawes J, Lentz D. Methods of developing power to improve acceleration for non-track athletes. *J Strength Cond Res.* 2012;34(6):44–51.
 20. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. *Research Methods in Physical Activity* [Portuguese] (6th Edition). Artmed, Porto Alegre; 2012.
 21. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med.* 2007;41(6):349–355.
 22. Fonseca RT, Nunes RAM, Castro JBP, Lima VP, Silva SG, Dantas EHM, Vale RGS. The effect of aquatic and land plyometric training on the vertical jump and delayed onset muscle soreness in Brazilian soccer players. *Human Mov.* 2017;18(5):63–70.
 23. Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, Smith SL. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res.* 2003;17(4):671–677.
 24. Vieira AAQ, Costa FN, Frigeri VFN, Camargo LB, Martins GC, Fileni CHP, Passos RP, Lima BN, Junior GBV, Almeida KS. Percepção da dor e esforço muscular em membros inferiores de atletas de futebol após treino físico-técnico. *Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida.* 2020;12(1):1–7.
 25. Hespanhol JE, Maria TS, Silva Neto LG, Arruda M, Prates J. Mudanças no desempenho da força explosiva após oito semanas de preparação com futebolistas da categoria sub-20. *Movimento & Percepção.* 2006;6(9):82–94.
 26. Ramírez JM, Núñez VM, Lancho C, Poblador MS, Lancho JL. Velocity-based training of lower limb to improve absolute and relative power outputs in concentric phase of half-squat in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2015; 29(11):3084–3088.
 27. Lum D, Comfort P, Barbosa TM, Balasekaran G. Comparing the effects of plyometric and isometric strength training on dynamic and isometric force-time characteristics. *Biol Sport.* 2022;39(1):189–197.
 28. Rodacki, AL, Fowler, NE, and Bennett, SJ. Vertical jump coordination: fatigue effects. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(1):105–116.
 29. Smilios I. Effects of Varying Levels of Muscular Fatigue on Vertical Jump Performance. *J Strength Cond Res.* 1998;12(3):204–208.
 30. Cooper CN, Dabbs NC, Judith D, Nicole MS. Effects of lower-body muscular fatigue on vertical jump and balance performance. *Biol Sport.* 2020;34(10):2903–2910.
 31. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabilitation.* 2004;85(4):589–592.
 32. Macaluso F, Isaacs AW, Di Felice V, Myburgh KH. Acute change of titin at mid-sarcomere remains despite 8 wk of plyometric training. *J Appl Physiol.* 2014;116(11):1512–1519.
 33. Major BP. Moderate intensity cycling following eccentric contractions does not attenuate indirect markers of muscle damage. *Electronic Thesis and Dissertation Repository;* 2013.
 34. Jakeman JR, Byrne C, Eston RG. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(6):1137–1144.

35. Nakamura FY, Pereira LA, Rabelo FN, Ramirez-Campillo R, Loturco I. Faster futsal players perceive higher training loads and present greater decreases in sprinting speed during the preseason. *J Strength Cond Res.* 2015;30(6):1553–1562.
36. Oliver JL, Lloyd RS, Whitney A. Monitoring of in-season neuromuscular and perceptual fatigue in youth rugby players. *Eur J Sport Sci.* 2015;15(6):514–522.
37. Andersen E, Lockie RG, Dawes JJ. Relationship of absolute and relative lower-body strength to predictors of athletic performance in collegiate women soccer players. *Sports.* 2018;6(4):106.
38. Turner NA, Stewart PF. Strength and conditioning for soccer players. *Strength Cond J.* 2014;36(4):1–13.
39. Fonseca RT, Castro JBP, Santos AOB, Lopes GC, Nunes RAM, Vale RGS. Effects of plyometric training on vertical jump in soccer players between 15 and 18 years old: a systematic review. *Retos.* 2021;39:981–987.
40. Brooks KA, Clark SL, Dawes JJ. Isokinetic strength and performance in collegiate women's soccer. *J Nov Physiother.* 2013;Suppl 3:001.

CONCLUSÃO DA TESE

A utilização dos diferentes métodos de TP e do TF sobre a IV e as diversas variáveis associadas parecem estar correlacionadas a vários fatores que podem influenciar as respostas da performance atlética de jovens jogadores de futebol de campo. Dentre eles, o tipo de treinamento, o volume e a intensidade de carga aplicada, a biomecânica dos movimentos realizados nas intervenções, o desenvolvimento da potência muscular absoluta e relativa individual, os níveis de PSE e de DMIT encontrados e até o TE a partir do solo parecem influenciar os resultados.

O TF, enfatizando o maior ganho de potência muscular, quando realizado com um número pequeno de repetições durante as séries, na maior velocidade possível, com um tempo de intervalo e intensidade de carga adequada e reproduzindo os movimentos de semi-agachamento alternado de membros inferiores com a barra, parece produzir resultados com maiores aumentos sobre a IV, quando comparado ao TP.

O TP realizado com um maior volume e a partir dos saltos de maior altura, como no SP, aumenta a sobrecarga sobre as estruturas miotendíneas, principalmente dos músculos do quadril, joelhos e tornozelos, mais submetidos às contrações excêntricas durante a fase de aterrissagem no solo e que apresentaram maiores respostas sobre a PSE e a DMIT sobre os jovens jogadores pertencentes a estes grupos. Isso provavelmente ocorreu devido ao fato destes ainda não possuírem às adaptações neurais e musculares adequadas para realizarem os tipos de treinamento aplicados com as respectivas metodologias apresentadas.

Este estudo, poderá servir como fonte de consulta para auxiliar na elaboração de programas de treinamento pliométrico e de força muscular, a serem realizados com mais segurança por diversos profissionais que atuam na área do treinamento físico, como preparadores físicos, fisioterapeutas, fisiologistas e até mesmo treinadores, que gostam de introduzir componentes físicos em seus treinos técnicos, principalmente nas categorias de base com jovens jogadores de futebol de campo, com objetivo de se buscar a melhor performance possível mas também, com a preocupação em prevenir possíveis lesões, que envolvam o sistema músculo esquelético dos membros inferiores destes jovens atletas em formação.

A realização dos 3 estudos apresentados nesta tese, também podem servir de consulta para elaboração de trabalhos acadêmicos relacionados à área do treinamento físico e da prevenção de lesões e que poderão contribuir na formação acadêmica de diversos profissionais relacionados à esta importante área de atuação no esporte.

Entretanto, novas pesquisas envolvendo diferentes tipos de treinos pliométricos que utilize diferentes números de repetições e que possam ser realizados a partir de alturas variadas para a execução dos saltos, preferencialmente com jovens jogadores que já tenham preferencialmente realizado uma maior etapa de adaptação neural e estrutural muscular, deverão ser elaboradas. A realização de estudos que também acompanhem as respostas bioquímicas sobre os marcadores de lesão, decorrentes do TP e do TF, assim como os exames de imagem como a termografia e a ultrasonografia, também se tornam importantes, principalmente se forem correlacionados às respostas de PSE e DMIT, o que poderá trazer informações ainda mais precisas sobre os efeitos destes tipos de treinamento de alta intensidade nas categorias de base.

Ainda são poucos os clubes de futebol no Brasil que utilizam estes recursos tecnológicos com os jovens jogadores de suas categorias inferiores, com o objetivo de oferecer maior excelência científica no acompanhamento de respostas fisiológicas, já que o alto custo dos equipamentos destinados a estes fins, são priorizados para o futebol profissional, quando na verdade, deveriam ser também utilizados na formação física de jovens atletas, que precisam de maior atenção nesta importante etapa do desenvolvimento maturacional, que se tornam fundamentais para o seu futuro neste esporte de muita competitividade como o futebol.

REFERENCIAS

- BIANCHI, M.; CORATELLA, G.; DELLO IACONO, A.; BEATO, M. Comparative Effects of single vs double weekly plyometric training sessions on jump, sprint and COD abilities of elite youth football players. **Journal of Sports and Medicine Physical Fitness**, 2018.
- BOMPA, T. O. **Periodizacion: teoría y metodología del entrenamiento**. Universidad de York. Canadá: Hispano Europea, p. 130, 2016.
- CAMPILLO, R. R.; PEDREROS, M. V.; OLGUIN, C. H.; SALAZAR C. M.; ALVAREZ, C.; NAKAMURA, F. Y.; DE LA FUENTE, C. I.; CANIUQUEO, A.; MARTINEZ, A. M. A.; IZQUIERDO, M. Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. **Journal of Sports Science**, v. 34, n. 8, p. 687-93, 2015.
- CASAMICHANA, D.; CASTELLANO, J.; CALLEJA-GONZALEZ, J.; SAN ROMAN, J.; CASTAGNA, C. Relationship between indicators of training load in soccer players. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 27, p. 369–374, 2013.
- CHELLY, M. S.; GHENEM, M. A.; ABID, K. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 24, p. 2670–2676, 2010.
- CRONIN, J.; SLEIVERT, G. Challenges in understanding the influence of maximal power 406 training on improving athletic performance. **Sports Medicine**, v. 35, p. 213-234, 2005.
- DAMAS, F.; NOSAKA, K.; LIBARDI, C.; CHEN, T.; UGRINOWITSCH, C. Susceptibility to exercise-induced muscle damage: A cluster analysis with a large sample. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 8, p. 633–640, 2016.
- DAWES, J.; LENTZ, D. Methods of developing power to improve acceleration for non-track athletes. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 34, p. 44–51, 2012.
- DE HOYO, M.; COHEN, D. D.; SAÑUDO, B.; CARRASCO, L.; ÁLVAREZ-MESA, A.; DEL OJO, J. J.; DOMÍNGUEZ-COBO, S.; MAÑAS, V. C.; OTERO-ESQUINA, C. Influence of football match time–motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. **Journal of Sports Sciences**, p. 1-8, 2016.
- FERLEY, D. D.; SCHOLTEN, S.; VUKOVICH, M. D. Combined Sprint Interval, Plyometric, and Strength Training in Adolescent Soccer Players: Effects on Measures of Speed, Strength, Power, Change of Direction, and Anaerobic Capacity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 4, p. 957-968, 2020.
- FLAVIO, J. M.; OLIVEIRA, D. C. X.; SOUZA, E. G. Efeito do treinamento pliometrico no desempenho da velocidade e altura dos saltos vertical e horizontal para jovens jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, v. 10, n. 41, 2018.
- FORT-VANMEERHAEGHE, A.; ROMERO-RODRIGUEZ, D.; LLOYD, R. S.; KUSHNER, A.; MYER, G. D. Integrative neuromuscular training in youth athletes. Part II: Strategies to prevent injuries and improve performance. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 38, p. 9–27, 2016.

GONZALEZ-BADILLO, J. J.; PAREJA-BLANCO, F.; RODRIGUEZ-ROSELL, D.; ABAD-HERENCIA J. L.; DEL OJO-LOPEZ, J. J.; SANCHEZ-MEDINA, L. Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 29, p. 1329-38, 2015.

HAMMAMI, M.; NEGRA, Y.; BILLAUT, F.; HERMASSI, S.; SHEPHARD, R.J.; CHELLY, M.S. Effects of lower-limb strength training on agility, repeated sprinting with changes of direction, leg peak power, and neuromuscular adaptations of soccer players. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 32, p. 37–47, 2018.

HAUGEN, T. A.; TONNESSEN, E.; SEILER, S. Anaerobic performance testing of professional soccer players. **International Journal of Sports Physiology Performance**, v. 8, n. 2, p.148–156, 2013.

HODY, S.; CROISIER, J. L.; BURY, T.; ROGISTER, B.; LEPRINCE, P. Exccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. 536, 2019.

JLID, M. C.; RACIL, G.; COQUART, J.; PAILLARD, T.; BISCIOTTI, G. N.; CHAMARI, K. Multidirection Plyometric Training: Very Efficente Way to improve Vertical Jump Performance, Change of Direction Performance and Dynamic Postural Control in Young Soccer Players. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 2019.

LE GALL, F.; CARLING, C.; WILLIAMS, M.; REILLY, T. Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. **Journal of Science Medicine Sport**, v. 13, p. 90–95, 2010.

MAKARUK, H.; CZAPLICKI, A.; SACEWICZ, T.; SADOWSKI, J. The effects of single versus repeated plyometrics on landing biomechanics and jump performance in men. **Biology of Sport**, v. 31, n. 1, p. 9-14, 2014.

MARKOVIC G.; MIKULIC, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. **Sports Medicine**, v. 40, p. 859–895, 2010.

MERLA, A.; MATTEI, P. A.; DI DONATO, L.; ROMANI, G. L. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. **Annals Biomedical Engineering**, v. 38, n. 1, p. 158–63, 2010.

MICHAILIDIS, Y.; FATOUROS, I. G.; PRIMPA, E.; MICHAILIDIS, C.; AVLONITI, A.; CHATZINIKOLAOU, A.; BARBERO-ALVAREZ, J. C.; TSOUKAS, D.; DOUROUDOS, II.; DRAGANIDIS, D.; LEONTSINI, D.; MARGONIS, K.; BERBERIDOU, F.; KAMBAS, A. Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 27, p. 38–49, 2013.

MOHR, M.; DRAGANIDIS, D.; CHATZINIKOLAOU, A.; BARBERO-ALVAREZ, J. C.; CASTAGNA, C.; DOUROUDOS, I. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 1, p. 179-93, 2016.

MUEHLBAUER, T.; WAGNER, V.; BRUECKNE, D.; SCHEDLER, S.; SCHWIERTZ, G. R.; KISS, G.; HAGEN, M. Effects of a blocked versus an alternated sequence of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer players. **Sports Science Medicine and Rehabilitation**, v. 11, n. 18, p. 1-9, 2019.

ORGEGA, J. A. F.; DE los REYES, Y. G.; PEÑA, F. R. G. Effects of strenght training based on velocity versus traditional training on muscle mass, neuromuscular activation, and indicators of maximal power and strenght in girls soccer players. **Apunts Sports Medicine**, v.322, p. 1-9, 2020.

OWENS, D. J.; TWIST, C.; COBLEY, J. N.; HOWATSON, G.; CLOSE, G. L. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? **European Journal of Sport Science**, p. 1-15, 2018.

PANAGOULIS, C.; CHATZINIKOLAOU, A.; AVLONITI, A.; LEONTSINI, D.; DELI, C. K.; DRAGANIDIS, D.; STAMPOULIS, T.; TRIANTAFYLLOS, O.; PAPANIKOLAOU, K.; RAFAILAKIS, L.; KAMBAS, A.; JAMURTAS, A. Z.; FATOUROS, I. G. In-Season Integrative Neuromuscular Strength Training Improves Performance of Early-Adolescent Soccer Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 2, p. 516-526, 2020.

PAREJA-BLANCO, F.; RODRIGUEZ-ROSELL, D.; SANCHEZ-MEDINA, L.; GOROS-TIAGA, E. M.; GONZALEZ-BADILLO, J. J. Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. **International Journal of Sports Medicine**, v.35, p. 916-24, 2014.

PENAILILLO, L.; ESPILDORA, F.; JANNAS-VELA, S.; MUJIK, I.; ZBINDEN-FONCEA, H. Muscle strength and speed performance in youth soccer play-ers. **Journal of Human Kinetics**, v. 50, p. 203-10, 2016.

POLGLASS, G.; BURROWS, A.; WILLETT, M. Impact of a modified progressive Copenhagen adduction exercise programme on hip adduction strength and postexercise muscle soreness in professional footballers. **British Medical Journal Open Sport & Exercise Medicine**, v. 5, p. 1-7, 2019.

RANDELL, A.; CRONIN, J. KEOGH J.; GILL, N. Transference of strength and power adaptation to sports performancehorizontal and vertical force production. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 23, p. 100–106, 2010.

RONNESTAD, B. R.; NYMARK B. S.; RAASTAD, T. Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 25, p. 2653-2660.

RUMPF, M. C.; CRONIN, J. B.; OLIVER, J. L.; HUGHES M. G. Vertical and Leg Stiffness and stretch-shortening cycle changes across maturation during maximal Sprint running. **Human Movement Science**, v. 32, n. 4, p. 668-76, 2013.

SAEZ DE VILLAREAL, E.; REQUENA, B.; CRONIN, J. B. The effects of plyometric training on sprint performance: A meta-analysis. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 26, n.2, p. 575-584, 2012.

SCOTT, B. R.; LOCKIE, R. G.; KNIGHT, T.J.; CLARK, A. C.; JANSE DE JONGE, X. A. A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. **International Journal of Sports Physiology Performance**, v. 8, n. 2, p. 195– 202, 2013.

SEDANO, S.; MATHEU, A.; REDONDO, J. C. Effects of plyometric training on explosive strength, acceleration capacity and kicking speed in young elite soccer players. **Journal of Sports Medicine Physical Fitness**, v. 51, p. 50–58, 2011.

SÖHNLEIN, Q.; MÜLLER, E.; STÖGGL, T. L. The effect of 16-week plyometric training on explosive actions in early to mid-puberty elite soccer players. **Journal of Strength and Conditional Research**, v. 28, n. 8, p. 2105-2114, 2014.

TAN, J. H.; NG, E.Y. K.; ACHARYA, U. R.; CHEE, C. Infrared thermography on ocular surface temperature: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 52, n. 4, p. 97-108, 2009.

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO E DE FORÇA SOBRE A IMPULSÃO VERTICAL E OS MARCADORES BIOQUÍMICOS ASSOCIADOS À PERCEPÇÃO DE DOR E À TEMPERATURA MUSCULAR EM JOVENS JOGADORES DE FUTEBOL DE

Pesquisador: RENATO TAVARES FONSECA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 42340720.5.0000.5259

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.626.823

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1580380.pdf	29/09/2020 01:38:56		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_plataformabrasil.docx	29/09/2020 01:37:41	RENATO TAVARES FONSECA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_.pdf	29/09/2020 01:30:25	RENATO TAVARES FONSECA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_UERJ.docx	19/06/2020 22:13:35	RENATO TAVARES FONSECA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ANEXO B – Escala de Borg Visual Analógica (VAS)

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouca intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

Fonte: CABRAL, 2020.

ANEXO C – Escala de intensidade da dor – Representação da dor

Fonte: TIBANA *et al*, 2019.

ANEXO D – Escala de Esforço Percebido Modificado de Borg

0,5 mínimo	😊
1 muito fraco	😊
2 fraco	😊
3 moderado	😊
4	😊
5 forte	😊
6	😊
7 muito forte	😊
8	😊
9	😊
10 extremamente forte	😊
11 máximo	😊

Fonte: ESCALA de Borg adaptada, 1982.

ANEXO E – Respostas da Percepção Subjetiva de Esforço – PSE

Escala PSE	Percepção Subjetiva do Esforço
10 /	ATIVIDADE DE ESFORÇO MÁXIMO É quase impossível continuar. Completamente sem fôlego, incapaz de falar. Não é possível manter por mais tempo.
9 /	ATIVIDADE MUITO DIFÍCIL Muito difícil manter a intensidade do exercício. Mal consigo respirar e falar apenas algumas palavras.
7-8 /	ATIVIDADE VIGOROSA No limite do desconfortável. Falta de ar, consigo falar uma frase.
4-6 /	ATIVIDADE MODERADA Respirar profundo, posso manter uma conversa curta. Ainda um pouco confortável, mas cada vez mais desafiador.
2-3 /	ATIVIDADE LEVE Parece que podemos manter durante horas. Fácil de respirar e manter uma conversa.
1 /	ATIVIDADE MUITO LEVE Quase nenhum esforço, mas mais do que dormir, ver TV, etc.

Fonte: AINSWORTH *et al*, 2011.