

MECANISMOS FISIOLÓGICOS DA PLIOMETRIA: UMA REVISÃO NARRATIVA

Luvanor Santana da Silva¹, Marcelus Brito de Almeida²

RESUMO

Introdução: Os exercícios pliométricos são amplamente utilizados para desenvolver força explosiva e melhorar o desempenho dos atletas. A pliometria também é utilizada para reabilitar e proteger atletas que estão submetidos a reconstrução de ligamento cruzado anterior. No entanto, não está claro quais os principais mecanismos fisiológicos que promovem tais ganhos de força explosiva no tecido muscular. **Objetivo:** Compreender os mecanismos fisiológicos envolvidos na pliometria. **Materiais e Métodos:** Trata-se de uma revisão narrativa, onde foi realizada uma busca nas bases de dados PubMed, Scielo, Google Acadêmico, Science Direct e SportDiscurs. **Resultados:** Foram encontrados 3.716 artigos, dos quais 15 foram elegíveis para a construção do trabalho. Os estudos mostram que o exercício pliométrico é eficiente para promover aumento na força explosiva, velocidade e altura do salto. Além de ser seguro para aplicação nos programas de reabilitação física. Contudo, ainda não estão claros os mecanismos fisiológicos. **Conclusão:** Conclui-se que a pliometria é uma abordagem aplicável, que garante aumentos de desempenho de estruturas e variáveis fisiológicas, das capacidades motoras e do desempenho esportivo.

Palavras-chave: Ciclo alongamento-encurtamento. Esporte. Reabilitação física. Fisiologia.

ABSTRACT

Physiological mechanisms of plyometrics: a narrative review

Introduction: Plyometric exercises are widely used to develop explosive strength and improve athletes' performance. Plyometrics are also used to rehabilitate and protect athletes undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. However, it is not clear which are the main physiological mechanisms that promote such explosive strength gains in muscle tissue. **Objective:** To understand the physiological mechanisms involved in plyometrics. **Materials and Methods:** This is a narrative review, where a search was carried out in the PubMed, Scielo, Google Scholar, Science Direct and SportDiscurs databases. **Results:** 3,716 articles were found, of which 15 were eligible for the construction of the work. The studies show that plyometric exercise is efficient in promoting an increase in explosive strength, speed and jump height. In addition to being safe for application in physical rehabilitation programs. However, the physiological mechanisms are still unclear. **Conclusion:** It is concluded that plyometrics is an applicable approach, which guarantees increases in the performance of structures and physiological variables, motor capacities and sports performance.

Key words: Stretch-shortening cycle. Sports. Physical rehabilitation. Physiology.

1 - Doutorando em Ciências Fisiológicas pela Universidade Federal de Pernambuco-Centro Acadêmico de Vitória (UFPE/CAV), Pernambuco, Brasil.

2 - Doutor em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Docente da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória (UFPE/CAV), Pernambuco, Brasil.

E-mail dos autores:
 luvanor.silva@ufpe.br
 marcelus.almeida@ufpe.br

INTRODUÇÃO

Diversas atividades humanas, e a maioria das atividades desportivas, apresentam movimentos como saltar, arremessar, correr e assim mobilizam ações musculares que necessitam realizar diferentes tipos de contrações dos músculos (Voight e colaboradores, 2002).

Dentre essas ações musculares, está o Ciclo Alongamento-Encurtamento (CAE), um mecanismo fisiológico que tem a função de aumentar a eficiência mecânica dos movimentos, especificamente os movimentos que exigem ações rápidas ou explosivas (Davies e colaboradores, 2001).

Durante o CAE, ocorre previamente uma ação excêntrica, seguida imediatamente de uma ação concêntrica, fazendo com que os músculos acionados, produzam uma energia potencial elástica e alcancem grandes níveis de força e potência.

A pliometria foi mencionada pela primeira vez em 1975 por Fred Wilt, um treinador norte americano, tornando-se popular nas décadas de 1960 e 1970, durante as quais foi bastante empregada no treinamento dos atletas do Leste Europeu (Kutz, 2003).

No entanto, a história relata que o primeiro a falar e demonstrar a importância do CAE foi o professor Rodolfo Margaria. Este professor, realizou trabalhos importantes para National Aeronautics and Space Administration (NASA), na perspectiva de entender como funcionava o caminhar em ambiente lunar (Jaschke, Navarro, 2008).

Os treinadores utilizavam saltos com bancos e movimentos de pular cordas, mas não conheciam os mecanismos fisiológicos do CAE. Neste momento, outro treinador, Yuri Verkhoshanski, no final da década de 1960, mais exatamente em 1966, começou a se aprofundar até então estratégia e sistematizou os saltos aleatórios em um sistema de treinamento organizado e o chamou de Treinamento Pliométrico (TP) (Prentice, Voight, 2003).

O treinamento pliométrico é baseado em exercícios para o condicionamento neuromuscular a partir de diferentes tipos de saltos; em profundidade, com ambas as pernas, em uma única perna, saltos horizontais e saltos verticais (Jaschke, Navarro, 2008).

Os exercícios pliométricos são caracterizados pela ativação do CAE

promovendo um potencial elástico, mecânico e reflexo.

Além disso, esta ação de alongar-encurtar também comumente chamada de contra movimento, potencializa a capacidade de reação do sistema neuromuscular e armazenamento de energia durante o pré-alongamento, sendo utilizada durante a fase concêntrica do movimento (Deslandes, 2003).

Muitas equipes e profissionais do condicionamento físico e do treinamento de força têm implantado o treinamento pliométrico em seus planejamentos de treino e performance esportiva.

E interessantemente, os programas de reabilitação física mais recentes têm proposto o treinamento pliométrico como uma forma de alcançar altos níveis de rendimento e otimizar os processos de reabilitação do atleta com ganhos de força e potência (Davies e colaboradores, 2015).

No entanto, a compreensão sobre mecanismos fisiológicos podem ser um diferencial para o sucesso da prática e aplicação do método em diferentes objetivos dentro do processo de treinamento.

Neste sentido, o objetivo deste estudo é compreender os mecanismos fisiológicos envolvidos na pliometria.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão narrativa que buscou na literatura os aspectos mais relevantes sobre a pliometria e sua compreensão fisiológica, uma vez que é bastante utilizada nos programas de treinamentos e nas modalidades esportivas.

A revisão narrativa é uma estrutura em publicações amplas e apropriada para descrever e discutir o desenvolvimento ou “estado da arte” de um determinado tema, seja contextual ou teórico.

Portanto ou assim, a revisão narrativa é constituída por temas específicos que são publicados em livros, artigos de revistas impressas ou eletrônicas, aliadas a análises críticas dos autores literatura publicada em livros, artigos de revista impressas ou eletrônicas, aliada a análises críticas de autores (Cordeiro, 2007).

Este trabalho, apresenta-se como um estudo de caráter qualitativo e exploratório que possibilita maiores esclarecimentos sobre a problemática em questão.

Com a construção da utilização da revisão narrativa da literatura, objetivou-se compreender determinada temática a partir de outras pesquisas publicadas em base de dados confiáveis.

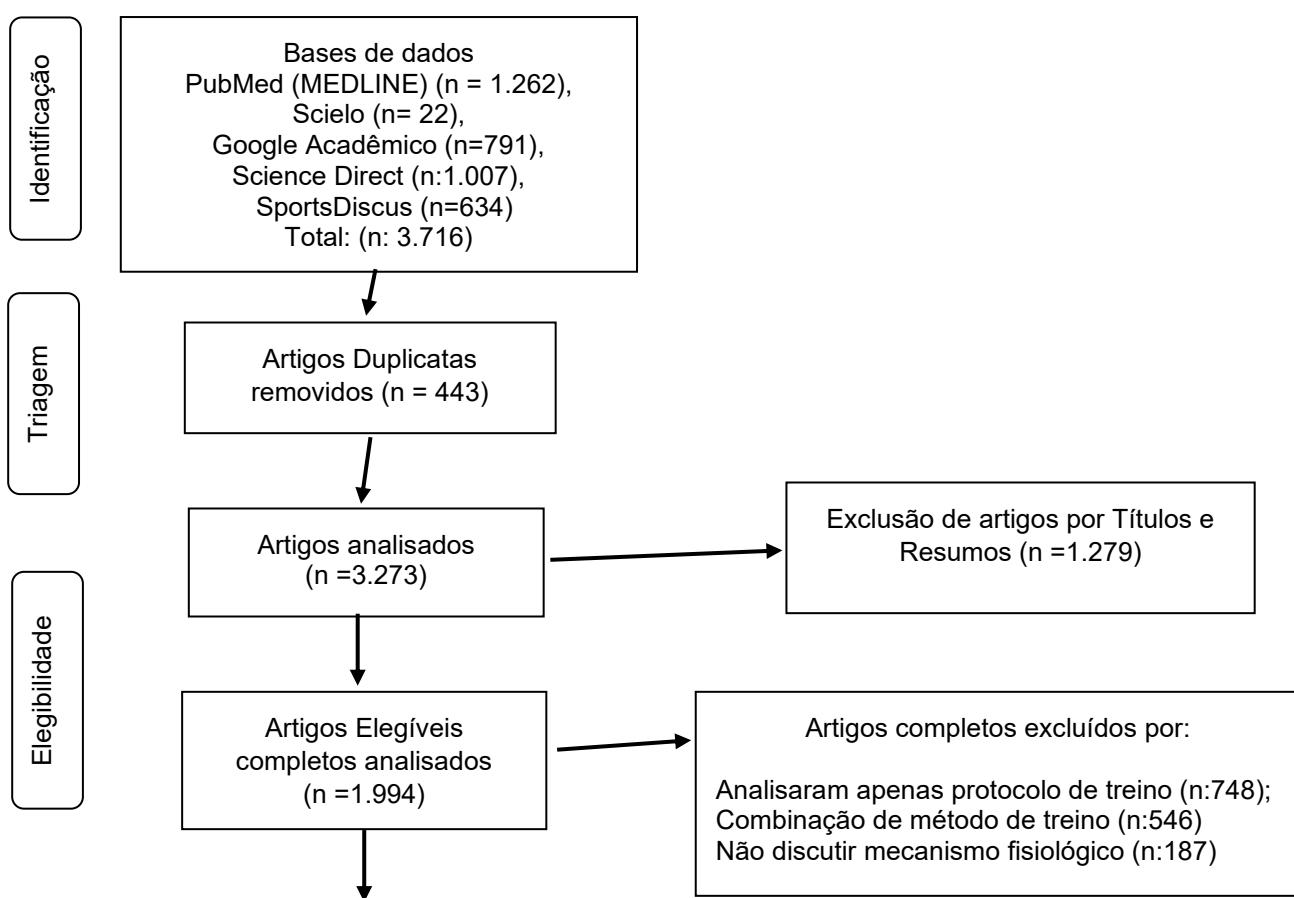
Lembrando que, o intuito é possibilitar reflexões e realização de novas pesquisas como ponto de partida para alcançar novas concepções (Lakatos, 2003).

O processo de busca dos artigos científicos foi iniciado em abril de 2024 até Maio de 2024 e realizado por meio do portal de periódicos da CAPES/MEC através do acesso CAFé, serviço de gestão de identidade no qual reúne as seguintes bases de dados: PubMed (MEDLINE), Science Direct, BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), Google Acadêmico, SportsDiscus e SciELO (Scientific Electronic Library Online). Os descritores (DeCS) utilizados para a busca dos estudos nas bases de dados foram: Em português: “pliometria”, “mecanismo fisiológico”, “fisiologia”. Em inglês: “plyometric”, “physiology”, “physiological

mechanism”. Em espanhol: “ejercicios pliométricos”, “mecanismo fisiológico” e “fisiología”. Com relação aos operadores, foram utilizados “AND”, “OR”. Em virtude das características particulares de cada base de dados, as estratégias de busca foram? Adaptadas conforme o objetivo e os critérios de inclusão e exclusão deste estudo. Não houve limitações do período de publicação dos artigos.

Os critérios de inclusão foram estabelecidos a partir de 1) tipologia dos estudos originais, revisões, monografias, dissertações, teses e livros; 2) Estudos que discutem a temática na íntegra; e 3) nos idiomas português, espanhol e inglês.

Os critérios de exclusão foram: 1) estudos duplamente indexados nas bases de dados; 2) Estudos não realizados com humanos e 3) Estudos fora do contexto desejado.



Inclusão

Artigos incluídos para discussão do estudo (n=15)

Figura 1 - Esquema representativo da estratégia de busca e seleção dos artigos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadro 1 - Estudos apresentando os principais efeitos e mecanismos fisiológicos da pliometria.

Autor	Tipo de Estudo	Amostra	Método/ Exercício	Mecanismos Fisiológicos	Principais Resultados
Putro, 2025	Revisão Sistemática	238 artigos encontrados	Pliometria- Desempenho Esportivo	Relata não compreensão dos mecanismos fisiológicos subjacentes do TP.	↑Resposta neuromuscular ↑Coordenação neuromuscular ↑Força Explosiva ↑Salto Vertical ↑Velocidade ↑Expressão hormonal (IGF-1) ↑ Vias de Sinalização Celular (IGF-1/IGF-1R-PI3K/Akt)
Singh e colaboradores, 2024	Artigo Original	Atletas (n:30) Masculino Idade: 18 a 24 anos	Pliometria- Desempenho Esportivo	Relata não compreensão dos mecanismos fisiológicos subjacentes do TP.	↑ $\dot{V}O_2$ máximo ↓ Pressão Arterial ↓ Frequência Cardíaca
Mihaiu e colaboradores, 2024	Artigo Original	Atletas (n:24) Masculino Idade: 15±0.4 anos	Pliometria- Desempenho Esportivo	Relata não compreensão dos mecanismos fisiológicos subjacentes do TP.	↑ Força Explosiva ↑ Salto Vertical
Roy e Debnath, 2023	Revisão da Literatura	Não foi declarado número de artigos	Pliometria- Desempenho Esportivo	Componente Elástico Energia potencial Elástica Ciclo Alongamento-Encurtamento	↑Resposta neuromuscular ↑Coordenação neuromuscular ↑Força Explosiva ↑ $\dot{V}O_2$ máximo
Heinecke, 2021	Revisão da Literatura	Não foi declarado número de artigos	Pliometria- Desempenho Esportivo	Componente Elástico Energia potencial Elástica Ciclo Alongamento-Encurtamento	↑Resposta neuromuscular ↑Coordenação neuromuscular ↑Força Explosiva ↑ Salto Vertical
Seiberl, 2021	Artigo Editorial	Não foi declarado	Pliometria- Desempenho Esportivo	Relata não compreensão dos mecanismos	Potencial aumento da contratilidade das fibras

		número de artigos		fisiológicos subjacentes do TP	musculares. Não estando claro os mecanismos.
Kuibida e colaboradores, 2021	Revisão da Literatura		Pliometria-Desempenho Esportivo	Não há relatos	↑ Força Explosiva ↑ Força Muscular ↑ Densidade óssea ↑ Sinalização molecular
Davies e colaboradores, 2015	Comentário Clínico	Não foi declarado número de artigos	Pliometria (Reabilitação Física)	Componente Elástico Energia potencial Elástica Ciclo Alongamento-Encurtamento	↑ Resposta neuromuscular ↑ Coordenação neuromuscular ↑ Força Explosiva ↑ Equilíbrio articular e Muscular ↓ Níveis de Lesões
Rossi Bandalize, 2010	Revisão da Literatura	Não foi declarado número de artigos	Pliometria (Reabilitação Física)	Componente mecânico e elástico Reflexo Miotáxico Ciclo Alongamento-Encurtamento	↑ Resposta neuromuscular ↑ Coordenação neuromuscular ↑ Força Explosiva ↑ Força Muscular ↑ Densidade óssea ↓ Níveis de Lesões
Chmielewski e colaboradores, 2006	Comentário Clínico	Não foi declarado número de artigos	Pliometria (Reabilitação Física)	Componente mecânico e elástico Reflexo Miotáxico Ciclo Alongamento-Encurtamento	↑ Resposta neuromuscular ↑ Coordenação neuromuscular ↑ Força Explosiva ↑ Salto Vertical ↑ Morfologia Musculoesquelética e tendões
Malisoux, 2006	Revisão da Literatura	Não foi declarado número de artigos	Pliometria	Componente mecânico e elástico Reflexo Miotáxico Ciclo Alongamento-Encurtamento Não estando claro os mecanismos fisiológicos subjacentes.	↑ Resposta neuromuscular ↑ Coordenação neuromuscular ↑ Força Explosiva ↑ Contratilidade da Fibra Muscular (I, IIa e IIa/IIb) ↑ Velocidade de Contração muscular ↓ Tempo de contato com o Solo
Lachance, 1995	Revisão da Literatura	Não foi declarado número de artigos	Pliometria	Componente mecânico e elástico Reflexo Miotáxico Ciclo Alongamento-Encurtamento Não estando claro os mecanismos fisiológicos subjacentes.	↑ Resposta neuromuscular ↑ Coordenação neuromuscular ↑ Força Explosiva ↑ Salto Vertical ↓ Tempo de contato com o Solo
Wilk e colaboradores 1993	Revisão da Literatura	Não foi declarado	Pliometria (Reabilitação Física)	Componente mecânico e elástico	↑ Resposta neuromuscular ↑ Coordenação neuromuscular

		número de artigos		Reflexo Miotático Ciclo Alongamento-Encurtamento Não estando claro os mecanismos fisiológicos subjacentes.	↑ Força Explosiva ↑ Salto Vertical ↑Morfologia Musculoesquelética e tendões
Lundin e colaboradores, 1991	Revisão da Literatura	Não foi declarado número de artigos	Pliometria	Componente mecânico e elástico Reflexo Miotático Ciclo Alongamento-Encurtamento Não estando claro os mecanismos fisiológicos subjacentes.	↑Resposta neuromuscular ↑Coordenação neuromuscular ↑ Força Explosiva ↑ Salto Vertical ↓ Tempo de contato com o Solo
Chu, 1983	Revisão da Literatura	Não foi declarado número de artigos	Pliometria	Componente mecânico e elástico Reflexo Miotático Ciclo Alongamento-Encurtamento Não estando claro os mecanismos fisiológicos subjacentes.	↑Resposta neuromuscular ↑Coordenação neuromuscular ↑ Força Explosiva ↑Velocidade de Contração muscular ↑ Recrutamento de Unidades Motoras ↓ Tempo de contato com o Solo

Nota: IGF-1; fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1; PI3K/Akt: fosfatidil inositol 3-quinase; TP: treinamento pliométrico; O objetivo deste trabalho foi compreender os mecanismos fisiológicos envolvidos na pliometria. Neste sentido, foram encontrados 3.716 estudos nos quais 15 artigos ficaram elegíveis para o processo de discussão e desenvolvimento deste estudo. Ver no quadro 1.

Mecanismos Fisiológicos da Pliometria

De acordo com a literatura, a pliometria são exercícios que acionam o Ciclo Alongamento-Encurtamento (CAE) (Davies e colaboradores, 2015).

O CAE é um mecanismo no qual tem-se três fases: uma fase excêntrica ou pré-alongamento, uma fase intermediária chamada de amortização e uma fase concêntrica ou de encurtamento (Rossi e Bandalize, 2007).

Durante a fase excêntrica ou preparatória, são estimulados os receptores musculares e acumulam energia elástica.

Na fase de amortização, isto é, o período entre o início da contração excêntrica até o começo da contração concêntrica, isto é, um tempo de recuperação, ocorre um atraso eletromecânico para preparação do ganho de força e a terceira e última fase é a de contração ou encurtamento, ou seja, a fase final do

movimento pliométrico a qual gera o movimento explosivos (Cavanagh, 1979; Parish, 2021).

Vários estudos relatam que o CAE contribui para o desempenho do sistema neuromuscular a partir de diferentes e possíveis mecanismos como por exemplo: Acumulação de energia elástica, pré-carga, aumento do tempo de ativação muscular, dependência da história muscular (aumento da força) ou memória muscular; reflexo do alongamento e interação músculo tendão que supostamente, aumenta o trabalho mecânico na produção de força muscular durante as ações concêntricas (Komi e colaboradores, 1997; Walshe e colaboradores, 1998; Caron e colaboradores, 2020; Campos e colaboradores, 2022).

Acredita-se que nos exercícios pliométricos as estruturas músculo-tendíneas induzem uma curva de alongamento-tensão

que aumenta a capacidade das fibras musculares de gerarem força.

Estes mecanismos foram basicamente relatados pelos estudos apresentados no quadro 1 (Rossi e Brandalize, 2010; Roy e Debnath, 2023; Davies e colaboradores, 2015; Heinecke, 2021; Singh e colaboradores, 2024; Seiberl, 2021; Mihaiu e colaboradores, 2024; Kuiibida e colaboradores, 2021; Putro, 2025; Chmielewski e colaboradores, 2006; Lachance, 1995; Lundin, 1991; Malisoux, 2006; Chu, 1983; Wilk e colaboradores, 1993). Contudo, cinco desses estudos, que são de revisão, deixam explícitos que, tais mecanismos adjacentes, ainda não estão bem elucidados (Wilk e colaboradores, 1993; Chu, 1983; Malisoux, 2006; Lundin, 1991; Lachance, 1995).

Já nos estudos que são experimentais (original), utilizam e aplicam os o treinamento pliométrico, mostram aumentos nas variáveis de força explosiva, coordenação neuromuscular, salto vertical e até mesmo variáveis de características metabólicas, centrais (cardíacas) e hemodinâmicas como $\dot{V}O_2$ máximo, Frequência Cardíaca e Pressão Arterial (Singh e colaboradores, 2024; Mihaiu e colaboradores, 2024).

Acredita-se que um possível mecanismo na produção de força está envolvida na reutilização da energia potencial elástica que é armazenada quando os músculos realizam a fase concêntrica, imediatamente precedida por uma contração muscular excêntrica, isto é, o CAE.

De acordo com Prentice e Voight (2003) uma ótima estimulação do CAE, pode induzir uma maior eficiência e desempenho

muscular entre 25% e 40% a partir do armazenamento da energia elástica.

Além disso, é observado que cerca de 28% da energia é estocada pelo componente elástico em série (CES) ativo, enquanto 72% pelo componente elástico em série componente elástico em série (CES) passivo, isto é, o tendão pode ser o principal responsável pela absorção de energia elástica durante uma ação excêntrica. O que do ponto de vista da aplicação do exercício pliométrico e/ou programa de treinamento pliométrico é importante considerar quais estruturas estão recebendo de forma mais eficiente os estímulos do treino e a superfície de contato.

Durante as atividades esportivas e condicionamento físico, nas quais temos caminhar, correr, saltar, estamos continuamente realizando tendo e perdendo contato com o solo e este tempo de contato com o solo é um fator importante para o desenvolvimento do CAE. Por exemplo, durante exercícios de Sprint, a literatura relata um tempo de contato com o solo entre 80 a 90 milissegundos (Galay e colaboradores, 2021).

Para os exercícios como a pliometria, são categorizados entre moderados e rápidos, os tempos de contato com o solo: 1) os exercícios moderados, tem um tempo de contato com o solo ≥ 251 milissegundos ou 0,251 segundos. 2) os exercícios rápidos e intensos, tem um tempo de contato com o solo ≤ 200 milissegundos ou 0,25 segundos. Neste sentido, o PT precisa ter uma característica de ações reativas apropriadas.

Assim, podemos considerar os tempos de contato com o solo para diferentes exercícios como segue a tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Classificação do tempo de contato com o solo de diferentes atividades e exercícios.

Tipo de exercício ou Atividade	TCS (milissegundos)	Categorização do CAE
Marcha Atlética	270-300	Moderado
Sprint	80-90	Rápido
Countermovement Jump	500	Moderado
Salto em Profundidade (20-60m)	130-300	Rápidos/Moderados
Salto em Distância	140-170	Rápido
Saltos com múltiplos Obstáculos	150	Rápido
Arremesso de basquete	218	Rápido

Legenda: TCS: tempo de contato com o solo; CAE: ciclo alongamento-encurtamento.

Ainda, segundo Prentice e Voight (2003) outro mecanismo do exercício pliométrico e do CAE estão associados aos

ganhos na força e potência muscular chamado reflexo miotáctico (RM).

Este mecanismo sugere que o estiramento rápido dos fusos musculares e

dessensibilização dos órgãos tendinosos de Golgi podem ser limitadores da tensão muscular, inibindo a produção de força muscular. O RM é um dos mais rápidos elementos, pois seu tempo de reação é de cerca de 30 a 40 mseg.

O que interessantemente, possui papel protetor através da estabilização muscular reflexa.

Além de facilitar através do treinamento reativo um atraso eletromecânico requerido para desenvolver tensão muscular seja reduzido. Isto sugere que os protocolos de TP precisam contemplar diversos tipos de exercícios e protocolos, dos mais gerais e específicos.

Aplicação da Pliometria no Desempenho Esportivo

Programas de treinamento pliométrico tem sido aplicado em diversas modalidades esportivas e para melhorar vários aspectos do desempenho físico como saltos (vertical e horizontal), sprints e habilidades de mudar de direção (Booth e Orr, 2016; Ramirez-Campillo, 2020).

Em um estudo de meta-análise realizado por Alfaro-Jiménez e colaboradores, (2018), observaram que o treinamento pliométrico aumentou a altura do salto entre 7.55% a 14.35%. Já no estudo de Markovic, (2007), observou que alterações entre 5 a 10% (2-6cm) são considerados valores importantes para atletas de modalidades esportivas que envolvam saltos verticais.

Segundo Markovic, Mikulic (2010) o treinamento pliométrico é um método amplamente utilizado e certificado cientificamente, no qual utiliza exercícios de saltos para acionar o CAE e promover o aumento da força e potência muscular.

Contudo, a habilidade do sistema neural e musculotendínea de produzir força parece ser limitada (Wang, 2016).

Ainda de acordo com Markovic, Mikulic, (2010), as atividades excêntricas exigidas em diferentes atividades nas quais ativam o CAE parece ser o mecanismo chave para o sucesso do treinamento pliométrico.

Em ambos os estudos realizados por Villarreal e colaboradores (2009) e Alfaro-Jiménez e colaboradores (2018) aplicando o TP isolado e combinado com outros tipos de treinamento (Força, Sprint e Treinamento Intervalado de Alta Intensidade), não

verificaram diferenças significativas na altura do salto.

Para Markovic, Mikulic (2010) aumentos no desempenho do salto, podem estar relacionados a fatores como recrutamento de unidades motoras, aumento na coordenação intermuscular e melhorias dos impulsos neurais dos músculos agonistas.

Baseado nesta última informação acima, nosso estudo também verificou a partir dos estudos selecionados que tais variáveis representam os potenciais resultados de desempenho dos atletas integrados nos programas de treinamento pliométrico.

No entanto, os estudos não têm claro quais são os mecanismos adjacentes e responsáveis pelo aumento da produção de força muscular na pliometria.

A literatura mostra aplicação de programas com diferentes manipulações, como por exemplo, as cargas? de treino podem beneficiar nas atividades explosivas e de velocidades.

No estudo de Wilson e colaboradores (1993), comparando um programa de treino com altas cargas (80-90% da máxima) com um programa de potência carga leve (30% da máxima) e alta velocidade de execução, induziram ganhos maiores de potência.

O que foi verificado após teste de salto contramovimento ou Counter Movement Jump (CMJ). Os autores sugerem que o efeito aconteceu pela capacidade do músculo utilizar energia elástica e fatores neurais (potencial de ação neuronal, recrutamento de unidades motoras e etc.)

Durante nossa investigação, encontramos um recente estudo de revisão sistemática realizado por Putro (2025) que observou aumentos em variáveis de desempenho como velocidade, altura de salto e força explosiva após programa de treinamento pliométrico, mas os autores discutem não saber ao certo quais os possíveis mecanismos fisiológicos.

Já no estudo de Chu (1983) uma revisão da literatura, verificam aumentos nas variáveis neurais como aumento da velocidade de contração, recrutamento de unidades motoras, coordenação intermuscular e menor tempo de contato com o solo. Os autores sugerem que estes resultados podem estar associados a mecanismos como componentes mecânicos e elásticos, reflexos miotáticos e ao CAE.

A literatura vem demonstrando que os programas de treinamento pliométrico tem sustentação científica quando o assunto é eficácia deste método de treino para aumento do desempenho dos atletas e nos esportes, especialmente, em meios como o Squat Jump (SJ), Drop Jump (DJ), Countermovement Abalakov ou Counter movement Jump como auxílio dos braços (AJ) e Counter movement Jump (CMJ) (Sánchez e colaboradores, 2021).

Contudo, informações de como os mecanismos fisiológicos podem estar envolvidos, são dados ainda questionáveis e afins de mais investigações (Perez-Gomez e Calbert, 2013; Sánchez e colaboradores, 2021).

De acordo com os estudos, durante os testes para identificação da altura dos saltos, foi verificado que o CMJ teria mais sensibilidade para avaliação do desempenho e adaptação ao treinamento pliométrico quando comparado com os testes SJ e AJ (Floody e colaboradores, 2011; Paz Fernández e colaboradores, 2003).

Segundo Markovic, Mikulic, (2010), o salto vertical parece sensibilizar mais efetivamente os componentes elásticos da estrutura muscular e os reflexos proprioceptivos, fazendo com que adaptações significativas no desempenho dos saltos verticais.

A literatura mais atualizada fortalece a utilização do treinamento pliométrico nos programas de condicionamento físico e desempenho esportivo com efeitos positivos nas variáveis como altura dos saltos, Sprint, mudança de direção, força e força explosiva.

Além de terem benefícios significativos quando aplicados nas modalidades de diferentes características como voleibol, futebol, basquetebol, handebol e etc.

Aplicação da Pliometria na Reabilitação Física e Esportiva

A literatura recente relata que um programa de reabilitação física (RF) padrão utiliza exercícios com ações concêntricas e excêntricas. E este segundo, como exemplo de uma rosca nórdica para músculos isquiotibiais, pode ser muito eficaz para o fortalecimento deste grupo muscular (Gokeler e colaboradores, 2013).

O treinamento pliométrico pode ser implementado no programa de reabilitação e tem sido observado como um método eficiente

para recuperação da força e potência dos atletas.

Contudo, é preconizado que o treinamento pliométrico seja aplicado nas fases finais de recuperação, uma vez que eles já iniciam as atividades mais intensas (Hill, 2011).

Por outro lado, relatos de vários profissionais do esporte como treinadores, preparadores físico e fisioterapeutas atestam a eficiência do TP para os ganhos de força e capacidade física dos atletas e sugerem que este método pode ser aplicado em diversas fases da reabilitação, uma vez que pode ser utilizado com exercício de diferente intensidade (Parish, 2021).

Além de ser possível elaborar os programas para atletas com diferentes níveis de aptidão física, condições clínicas e/ou desempenho (Jarvis e colaboradores, 2016).

Um estudo conduzido por Kinikli (2014) em que aplicaram um protocolo de treino de 12 semanas com exercícios excêntricos e concêntricos em pacientes com Reconstrução de Ligamento Cruzado Anterior (LCA), verificaram aumento no salto vertical ($p=0,012$), salto unilateral ($p=0,027$) e na escala de joelho de Lysholm ou Lysholm Knee Scale (LKS) ($p=0,002$).

Segundo Lee e colaboradores (2016) programas de TP podem iniciar imediatamente pós cirurgia e durar entre 12 a 24 semanas, auxiliando a regeneração do tecido musculoesquelético.

De acordo com Buckthorpe (2019) as principais condições de melhorias estão nos componentes de desempenho neuromuscular, como força e potência e na qualidade do movimento dos pacientes antes do retorno ao esporte e após a RLCA.

Por isso, o treinamento pliométrico tem sido valorizado pelos profissionais nos programas de RF. A literatura tem observado que o treinamento pliométrico tem se mostrado superior quando comparado ao treinamento resistido tradicional para aumentos de força explosiva e taxa de desenvolvimento de força, velocidade linear e multidirecional (Miller e colaboradores, 2002; Myer e colaboradores, 2006; Buckthorpe, 2019).

Em nossa busca, observamos que os poucos artigos discutiram a pliometria no processo de RF e em condições de RLCA (Rossi e colaboradores, 2010; Davies e colaboradores, 2015; Chmielewski e colaboradores, 2006; Wilk e colaboradores, 1993).

No entanto, relatam possíveis mecanismos fisiológicos adjacentes. Curiosamente, as diretrizes para aplicação do treinamento pliométrico em programas de Reabilitação são pouco desenvolvidas.

Além disso, a maioria dos critérios estabelecidos para exercícios pliométricos são de alta intensidade em atletas sem lesões, se baseia em opiniões e não em pesquisas (Chmielewski e colaboradores, 2006).

De acordo com Wathen (1993) o atleta /paciente deve apenas realizar o treinamento pliométrico quando conseguir realizar agachamento completo com peso livre elevando entre 1,5 a 2,5 vezes sua massa corporal ou agachar com 60% da sua massa corporal realizando 5 repetições em 5 segundos? em membros inferiores.

Já com relação aos membros superiores realizar exercícios supino com peso livre igual a sua força corporal.

Em contrapartida, não se? tem levado em consideração variáveis como perfil do atleta/paciente, tipo de lesão e resposta tecidual, gesto e/ou desempenho técnico.

Além das variáveis e princípios do treinamento como frequência, intensidade, volume, progressão e recuperação ao elaborar o programa de RF e aplicação do treinamento pliométrico.

CONCLUSÃO

Podemos verificar que o CAE é um dos principais mecanismos da pliometria, mas existem outros que podem estar envolvidos como reflexo miotáctico, energia elástica e fatores mecânicos presentes em diferentes tecidos.

O que sugere uma cuidadosa compreensão de qual tecido este exercício está sendo aplicado. Este estudo se preocupou em compreender um pouco mais nos mecanismos fisiológicos, uma vez que pouco se tem clareza de como e até o quanto a pliometria pode interferir no processo de otimização do desempenho motor e esportivo dos atletas.

É possível concluir que o treinamento pliométrico é um método cientificamente comprovado na literatura e muito eficiente para melhora do desempenho físico, da preparação atlética e na reabilitação física. É eficiente para melhorar força, força explosiva, velocidade linear, altura e comprimento de saltos, mudança de direção em diferentes esportes.

Os estudos mostraram que apesar de importantes benefícios da pliometria, os mecanismos fisiológicos adjacentes não estão bem compreendidos. O que pode ser um alerta para os profissionais do esporte e da reabilitação física ao sugerir uma prescrição de um programa de treinamento pliométrico para seus atletas/pacientes. Sugerindo que sejam realizados mais estudos.

REFERÊNCIAS

- 1-Alfaro-Jiménez, D.; Salicetti-Fonseca, A.; Jiménez-Díaz, J. Effect of plyometric training on explosive strength in team sports: a meta-analysis. *Pensar en Movimiento: Revista de ciencias del ejercicio y la salud*. Vol. 16. Num. 1. 2018.
- 2-Booth, M.A.; Orr, R. Effects of plyometric training on sports performance. *Strength & Conditioning Journal*. Vol. 38. Num. 1. 2016. p. 30-37.
- 3-Buckthorpe, M. Optimising the late-stage rehabilitation and return-to-sport training and testing process after ACL reconstruction. *Sports Medicine*. Vol. 49. Num. 7. 2019. p. 1043-1058.
- 4-Campos, D. Residual force enhancement in human skeletal muscles: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sport and health science*. Vol. 11. Num. 1. 2022. p. 94-103.
- 5-Caron, K.E.; Burr, J.F.; Power, G.A. The effect of a stretch-shortening cycle on muscle activation and muscle oxygen consumption: A study of history-dependence. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 34. Num. 11. 2020. p. 3139-3148.
- 6-Cavanagh, P.R.; Komi, P.V. Electromechanical delay in human skeletal muscle under concentric and eccentric contractions. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. Vol. 42. 1979. p. 159-163.
- 7-Chmielewski, T.L. Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Vol. 36. Num. 5. 2006. p. 308-319.

- 8-Chu, D.A. Exercise modalities: Plyometric exercise. *Strength & Conditioning Journal*. Vol. 5. Num. 6. 1983. p. 56-59.
- 9-Cordeiro, A.M. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do colégio brasileiro de cirurgiões*. Vol. 34. 2007. p. 428-431.
- 10-Davies, G.J.; Matheson, J.W. Shoulder plyometrics. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. Vol. 9. Num. 1. 2001. p. 1-18.
- 11-Davies, G.; Riemann, B.L.; Manske, R. Current concepts of plyometric exercise. *International journal of sports physical therapy*. Vol. 10. Num. 6. 2015. p. 760.
- 12-Deslandes, R. Principios de fortalecimiento muscular: aplicaciones en el deportista. *EMC-Kinesiterapia-Medicina Física*. Vol. 24. Num. 4. 2003. p. 1-10.
- 13-Floody, P.D. Análisis del desarrollo de la fuerza reactiva y saltabilidad, en basquetbolistas que realizan un programa de entrenamiento polimétrico. *Revista Motricidad y Persona: serie de estudios*. Num. 10. 2012. p. 33-44.
- 14-Galay, V.S.; Poonia, R.; Singh, M. Understanding the significance of plyometric training in enhancement of sports performance: a systematic review. *Vidyabharati International Interdisciplinary Research Journal*. Vol. 11. Num. 2. 2021. p. 141-148.
- 15-Gokeler, A. Feedback techniques to target functional deficits following anterior cruciate ligament reconstruction: implications for motor control and reduction of second injury risk. *Sports medicine*. Vol. 43. 2013. p. 1065-1074.
- 16-Heinecke, M. Literature review: neuromuscular response to plyometric training. *International Journal of Strength and Conditioning*. Vol. 1. Num. 1. 2021.
- 17-Hill, J.; Leiszler, M. Review and role of plyometrics and core rehabilitation in competitive sport. *Current sports medicine reports*. Vol. 10. Num. 6. 2011. p. 345-351.
- 18-Jarvis, M.M.; Graham-Smith, P.; Comfort, P. A methodological approach to quantifying plyometric intensity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 30. Num. 9. 2016. p. 2522-2532.
- 19-Jaschke, C.; Navarro, F. Pliometria e o aumento da força muscular explosiva dos membros inferiores em atletas das mais variadas modalidades esportivas. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. São Paulo. Vol. 2. Num. 12. 2008. p. 8.
- 20-Kinikli, G.I. The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled study. 2014.
- 21-Komi, P.V.; Gollhofer, A. Stretch reflexes can have an important role in force enhancement during SSC exercise. *Journal of applied biomechanics*. Vol. 13. Num. 4. 1997.
- 22-Kuibida, V.; Petro, L.V. Mechanism of strengthening the skeleton using plyometrics. *Journal of Physical Education and Sport*. Vol. 21. Num. 3. p. 1309-1316. 2021.
- 23-Kutz, M.R. Theoretical and practical issues for plyometric training. *NSCA's Performance Training Journal*. Vol. 2. Núm. 2. p. 10-12. 2003.
- 24-Lachance, P. Plyometric exercise. *Strength & Conditioning Journal*. Vol. 17. Núm. 4. p. 16-23. 1995.
- 25-Lakatos, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 5^a edição. Atlas. 2003.
- 26-Lee, M. Enhanced knee joint function due to accelerated rehabilitation exercise after anterior cruciate ligament reconstruction surgery in Korean male high school soccer players. *Journal of exercise rehabilitation*. Vol. 12. Núm. 1. p. 29. 2016.
- 27-Lundin, P.; Berg, W. Plyometrics: a review of plyometric training. *Strength & Conditioning Journal*. Vol. 13. Núm. 6. p. 22-34. 1991.
- 28-Malisoux, L. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of applied physiology*. Vol. 100. Núm. 3. p. 771-779. 2006.

- 29-Markovic, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*. Vol. 41. Núm. 6. p. 349-355. 2007.
- 30-Markovic, G.; Mikulic, P. Neuromusculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*. Vol. 40. p. 859-895. 2010.
- 31-Mihaiu, C. Impact of Specific Plyometric Training on Physiological and Performance Outcomes in U16 Performance Athletes Soccer Players. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensională*. Vol. 16. Núm. 3. p. 206-223. 2024.
- 32-Miller, M.G. Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sport Rehabilitation*. Vol. 11. Num. 4. 2002. p. 268-283.
- 33-Myer, G.D. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *The American journal of sports medicine*. Vol. 34. Num. 3. 2006. p. 445-455.
- 34-Paz, F.J.A.; Herrero, A.J.; Garcia, D. Metodología del entrenamiento pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. Vol. 3. Num. 12. 2003. p. 190-204.
- 35-Parish, M.R. Plyometric approaches and their efficiency in sports treatment and rehabilitation. *Primedia eLaunch LLC*. 2021. p. 12-20.
- 36-Perez-Gomez, J.; Calbet, J.A. Training methods to improve vertical jump performance. *J Sports Med Phys Fitness*. Vol. 53. Num. 4. 2013. p. 339-357.
- 37-Prentice, W.E.; Voight, M.L. Técnicas em reabilitação musculoesquelética. Porto Alegre. Artmed. 2003.
- 38-Putro, B.N. Physiological concept of plyometric training to improve physical fitness of basketball players: a systematic review. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. Num. 66. 2025. p. 1000-1010.
- 39-Ramirez-Campillo, R. Methodological characteristics and future directions for plyometric jump training research: A scoping review update. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. Vol. 30. Num.6. 2020. p. 983-997.
- 40-Rossi, L.P.; Bandalize, M. Pliometria aplicada à reabilitação de atletas. *Revista Salus*. Vol. 1. Num. 1. 2010.
- 41-Roy, K.; Debnath, D. Basic Concepts of Plyometric Training in Soccer Players. *Indian Journal of Physical Therapy and Research*. Vol. 5. Num. 2. 2023. p. 208-212.
- 42-Sánchez, A.; Harrison, A.J.; Floría, P. Effects of plyometric vs. Combined plyometric training on vertical jump biomechanics in female basketball players. *Journal of human kinetics*. Vol. 77. 2021. p. 25.
- 43-Seiberl, W. the stretch-shortening cycle of active muscle and muscle-tendon complex: what, why and how it increases muscle performance?. *Frontiers in physiology*. Vol. 12. 2021. p. 693141.
- 44-Singh, L.S. Concept of plyometric training and its effect on physiological parameters of football players. *Physical Education Theory and Methodology*. Vol. 24. Num. 4. 2024. p. 609-618.
- 45-Villarreal, E.S-S. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 23. Num. 2. 2009. p. 495-506.
- 46-Voight, M.L.; Draovitch, P.; Tippett, S. Pliométricos. In: Albert, M. *Treinamento excêntrico em esporte e reabilitação*. 2a edição. São Paulo. Manole. 2002. p. 63-92.
- 47-Walshe, A.D.; Wilson, G.J.; Ettema, G.J.C. Stretch-shorten cycle compared with isometric preload: contributions to enhanced muscular performance. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 84. Num. 1. 1998. p. 97-106.
- 48-Wang, Y-C.; Zhang, N. Effects of plyometric training on soccer players. *Experimental and therapeutic medicine*. Vol. 12. Num. 2. 2016. p. 550-554.

49-Wathen, D. Literature Review: Explosive/Plyometric Exercises. Nat Strength Cond J. Num. 15. 1993. p. 17-19

50-Wilk, K.E. Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Vol. 17. Num. 5. 1993. p. 225-239.

51-Wilson, G.J. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. Medicine and science in sports and exercise. Vol. 25. Num. 11. 1993. p. 1279-1286.

Recebido para publicação em 24/05/2025
Aceito em 24/06/2025