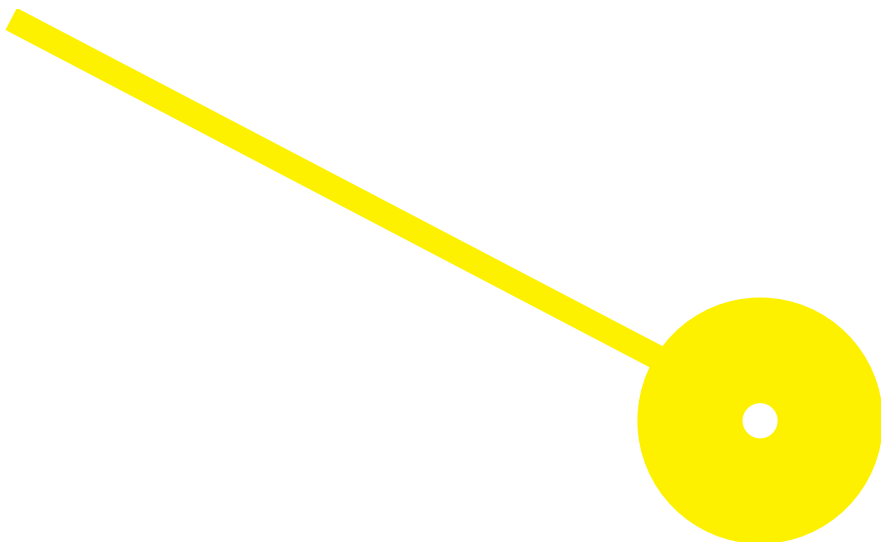




# Influência do Treino Isoinercial no Desenvolvimento de Velocidade em Atletas do Sexo Masculino: Revisão Sistemática de Estudos Randomizados Controlados

Leonor Maia Pereira

09/ 2023





**ESCOLA  
SUPERIOR  
DE SAÚDE**

**Influência do Treino Isoinercial no Desenvolvimento de Velocidade em Atletas do  
Sexo Masculino: Revisão Sistemática de Estudos Randomizados Controlados**

**Autor:**

Leonor Maia Pereira

**Orientadores:**

Especialista em Fisioterapia Dra. Elisa Rodrigues, ESS| P.Porto

Professor Convidado Rúben Ferreira| Fisioterapeuta Sporting Clube de Portugal

Dissertação para cumprimento dos requisitos necessários à  
obtenção do grau de Mestre em **Fisioterapia – Opção  
Desporto** pela Escola Superior de Saúde do Instituto  
Politécnico do Porto.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, a quem devo todo o meu percurso académico, agradeço por mais uma oportunidade de crescimento, pelo apoio incondicional e por acreditarem sempre em mim.

Aos meus melhores amigos, um enorme obrigada por estarem sempre presentes. À Francisca, mil obrigadas por toda a ajuda e paciência.

Por último, mas sem dúvida não menos importante, agradeço à minha orientadora, Professora Dra. Elisa Rodrigues e ao Professor Rúben Ferreira pela disponibilidade e ajuda durante todo o percurso, desempenharam um papel fundamental para o meu desenvolvimento pessoal e académico.

## **Resumo**

**Introdução:** O treino isoinercial é cada vez mais utilizado de forma a melhorar as capacidades físicas dos atletas. **Objetivo:** Compreender a influência do treino isoinercial no desenvolvimento de velocidade, em atletas do sexo masculino. **Métodos:** Entre dezembro de 2022 e janeiro de 2023, procurou-se bibliografia em: *Pubmed*, *Cochrane Library*, *Web of Science* e *Scopus*; como palavras-chave: "isoinertial", "isoinertial training", "flywheel training", "eccentric overload training", "velocity", "agility", "sprint" e "change of direction"; como operadores de lógica: *OR* e *AND*. Dois revisores independentes avaliaram, classificaram e extraíram os dados dos artigos através da leitura do texto completo e, caso discrepantes, um terceiro revisor foi consultado. A *Cochrane Risk of Bias Tools* foi utilizada para avaliação da qualidade metodológica dos estudos. **Resultados:** De 306 estudos, analisou-se o texto completo de 27, tendo sido incluídos nove, de boa qualidade metodológica, envolvendo 229 homens. Em sete de oito artigos que avaliaram a componente linear da velocidade, o treino isoinercial demonstrou ser preponderante para a sua otimização. Quanto à velocidade multidirecional, todos os estudos apresentam melhorias neste parâmetro. **Conclusão:** De acordo com os resultados, verificaram-se efeitos positivos consequentes do treino isoinercial na performance da mudança de direção e do *sprint* linear, embora este último abarque alguma controvérsia.

## **Palavras-Chave:**

Treino isoinercial; sobrecarga excêntrica; velocidade linear; velocidade multidirecional;

## **Abstract**

**Introduction:** The use of isoinertial training to improve athletes' physical capacities is increasing. **Objective:** Understand the influence of isoinertial training on speed development in male athletes. **Methods:** From December 2022 to January 2023, bibliography was searched in: *Pubmed, Cochrane Library, Web of Science* and *Scopus*; as keywords: "*isoinertial*", "*isoinertial training*", "*flywheel training*", "*eccentric overload training*", "*velocity*", "*agility*", "*sprint*" and "*change of direction*"; as logic operators: *OR* and *AND*. Two independent reviewers assessed, classified and extracted data from the articles by reading the full text and, if there were any discrepancies, a third reviewer would be consulted. The *Cochrane Risk of Bias Tools* were used to assess the methodological quality of the studies. **Results:** From 306 studies, the full text of 27 was analyzed, and nine studies with good methodological quality were included, involving 229 men. In seven of the eight articles that evaluated the linear component of speed, isoinertial training proved to be preponderant for its optimization. As for multidirectional speed, all the studies showed improvements in this parameter. **Conclusion:** According to the results, there were positive effects of isoinertial training on change-of-direction and linear sprint performance, although the latter is somewhat controversial.

## **Key Words:**

*Isoinertial training; eccentric overload; linear velocity; multidirectional velocity;*

## **Índice**

Introdução.....	1
Métodos.....	4
Critério de Elegibilidade.....	4
Pesquisa Bibliográfica.....	4
Seleção dos Estudos.....	5
Qualidade metodológica.....	6
Resultados.....	7
Seleção dos Estudos.....	7
Qualidade Metodológica.....	8
Extração de Dados.....	8
Discussão.....	16
Conclusão.....	23
Referências Bibliográficas.....	24

## **Índice de Figuras**

Figura 1: Fluxograma Representativo da Pesquisa Bibliográfica. ....	7
---	---

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1: Cochrane Risk of Bias Tools para Estudos Randomizados Controlados.....	6
--	---

Tabela 2: Resumo dos Estudos Incluídos para Análise.....	9
--	---

## 1. Introdução

A velocidade é definida como a capacidade que um indivíduo tem de cobrir uma determinada distância no menor tempo possível (Hicks et al., 2019), sendo uma qualidade física da qual grande parte dos atletas beneficia, por poder ser um fator decisivo numa ação desportiva (Bompa & Buzzichelli, 2017).

A velocidade divide-se em duas componentes: linear e multidirecional.

A componente linear diz respeito ao *sprint*, que é um elemento fundamental em muitos desportos, e é constituída pela aceleração, velocidade máxima e manutenção da velocidade máxima (Hicks et al., 2019).

A aceleração consiste em atingir a velocidade máxima no menor tempo possível (Bompa & Buzzichelli, 2017), logo, à medida que um atleta começa a correr mais rápido, a velocidade do mesmo aumenta, mas a aceleração diminui.

Durante o *sprint*, independentemente da fase de aceleração ou de velocidade máxima, a força aplicada pelo atleta no solo gera uma força de reação ao solo (FRS), que inclui uma componente vertical, caracterizada pela capacidade de tração e suporte de peso, e uma componente horizontal, correspondente à capacidade de propulsão horizontal, originando uma força resultante (Hicks et al., 2019).

Durante a aceleração produz-se quatro vezes mais força de reação ao solo vertical face à força horizontal e, quando atingida a velocidade máxima, produz-se oito vezes mais força vertical. A força de reação ao solo vertical deve ser maior que o peso corporal do atleta, pois quanto mais força vertical for produzida, mais força horizontal é possível utilizar, aumentando a capacidade de aceleração (Hicks et al., 2019).

Para um bom desempenho na aceleração, é então necessário que o atleta apresente elevados níveis de força, bem como competências técnicas, nomeadamente a coordenação dos membros, o posicionamento do centro de massa e um tempo de contacto com o solo reduzido (Hicks et al., 2019) para possibilitar o aumento da velocidade.

Quando atingida a velocidade máxima, o objetivo passa pela manutenção da mesma, sendo necessários ciclos alongamento-encurtamento eficientes, tempos de contacto com o solo curtos e *stiffness* do membro inferior (Bompa & Buzzichelli, 2017).

A componente multidirecional está relacionada com a agilidade, que se caracteriza por ser uma reação estímulo-resposta (Nimphius, 2018), e abrange a velocidade de mudança de direção, a capacidade cognitiva de percepção e tomada de decisão, e ainda rápidas mudanças de velocidade (Bompa & Buzzichelli, 2017).

Cada mudança de direção tem características únicas que exigem níveis diferentes das diversas capacidades físicas de um atleta (Nimphius, 2018), englobando três componentes cruciais: o *braking*, a fase de apoio e a fase de propulsão (Clarke et al., 2018). No decorrer da mudança de direção, o atleta é submetido a períodos de desaceleração e re-aceleração rápidos, tendo de ser capaz de absorver e produzir força, enquanto controla o posicionamento do corpo (Nimphius, 2018). Neste sentido, torna-se importante desenvolver a taxa de produção de força e a força reativa, assim como melhorar tarefas que envolvam ciclos alongamento-encurtamento (Anthony Turner, 2018).

Os ciclos alongamento-encurtamento consistem numa rápida ação muscular excêntrica (alongamento), seguida de uma contração isométrica e de uma ação muscular concêntrica (encurtamento) (Pedley et al., 2023). Para que estes sejam eficientes, o músculo deve conseguir passar rapidamente do alongamento para um estado de contração e encurtamento (Bompa & Buzzichelli, 2017). De forma a garantir a otimização dos ciclos alongamento-encurtamento é necessário que os atletas apresentem elevados níveis de força excêntrica, o que irá permitir que atividades de *sprint* e mudança de direção sejam potenciadas (Anthony Turner, 2018). Este fenómeno torna-se possível porque numa contração excêntrica a força aplicada no músculo ultrapassa a força que o mesmo consegue produzir (Vogt & Hoppeler, 2014), mantendo-o em alongamento (Anthony Turner, 2018).

As ações musculares excêntricas permitem desenvolver adaptações estruturais e funcionais na morfologia muscular (Anthony Turner, 2018), como o aumento do número de sarcómeros em série, a hipertrofia e o aumento do número de fibras tipo IIx (fibras rápidas), e a melhoria da *stiffness* muscular, possibilitando mais força, mais potência e mais ciclos alongamento-encurtamento (Suchomel et al., 2019a) face a outras metodologias de treino (Douglas et al., 2017).

O treino excêntrico pode ser realizado com intensidades variáveis, podendo trabalhar-se com metodologias submáximas, máximas e supramáximas (Suchomel et al., 2019a), estando incluídos nesta última o treino pliométrico e o treino isoinercial.

O treino isoinercial é efetuado através de aparelhos isoinerciais e permite a realização de exercícios com sobrecarga excêntrica (Petré et al., 2018).

Estes dispositivos permitem o armazenamento de energia na fase concêntrica da ação muscular, de acordo com a velocidade de rotação e carga imposta nos discos inerciais (Suchomel et al., 2019a), que irão desencadear o desenrolar de uma banda inercial permitindo o acumular de energia.

Na fase excêntrica, o atleta terá de resistir à força imposta pelos discos (de Keijzer et al., 2022). A sobrecarga excêntrica ocorre quando a velocidade produzida pelos discos inerciais durante a aceleração (fase concêntrica) excede a capacidade de desaceleração dos mesmos durante a fase excêntrica do movimento, submetendo assim os atletas a cargas superiores à da sua repetição máxima (Suchomel et al., 2019b).

De acordo com a literatura atual, diversos estudos identificam efeitos positivos na utilização do treino isoinercial na estrutura e capacidade muscular (Suchomel et al., 2019a), assim como noutras aptidões físicas (Raya-González et al., 2021). Ainda assim, no que diz respeito ao desenvolvimento de velocidade, principalmente linear, existe controvérsia entre estudos.

Assim, e tendo em conta que nenhum dos trabalhos realizados anteriormente foi totalmente dedicado ao estudo da velocidade (de Keijzer et al., 2022), o objetivo deste estudo passa por compreender a influência do treino isoinercial no desenvolvimento de velocidade linear e multidirecional em atletas do sexo masculino.

## **2. Métodos**

A presente revisão sistemática foi realizada em concordância com as recomendações e critérios estabelecidos na *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA)* (Moher et al., 2009).

### **2.1. Critério de Elegibilidade**

A seleção dos estudos seguiu a estratégia PICOS (população, intervenção, comparação, *outcome* e desenho do estudo).

Para a população (**P**), foram selecionados estudos que incluíssem atletas do sexo masculino; como intervenção (**I**) procuraram-se e foram selecionados estudos que utilizem o treino isoinercial; relativamente à comparação (**C**), analisaram-se estudos que apresentem dois ou mais grupos, confrontando o treino isoinercial com outra tipologia de treino ou com um grupo de controlo, e, estudos que apresentem mais que um momento temporal de avaliação; o *outcome* (**O**) foi orientado para o desenvolvimento de velocidade linear e multidirecional; por fim, no desenho de estudo (**S**), foram filtrados e selecionados estudos randomizados controlados.

Selecionaram-se estudos que compreendessem os seguintes critérios de inclusão: estudos randomizados controlados; estudos apresentados na língua inglesa; estudos com dois ou mais grupos e estudos com mais que um momento temporal de avaliação; estudos com programas de intervenção que incluíssem o treino isoinercial; estudos que comparem o treino isoinercial com pelo menos uma das variáveis: velocidade linear e velocidade multidirecional; estudos com aplicação do treino isoinercial no membro inferior; estudos realizados em atletas do sexo masculino.

Não foram tidos em conta estudos realizados em atletas lesionados, com patologia ou dor no período de realização do estudo, artigos publicados antes de 2010 e artigos cuja qualidade metodológica se demonstrasse baixa.

### **2.2. Pesquisa Bibliográfica**

Para a realização do presente estudo, a pesquisa bibliográfica foi efetuada nas bases de dados *PubMed*, *Cochrane Library*, *Web of Science* e *Scopus*, com recurso a oito palavras-chave, sendo estas: "*isoinertial*", "*isoinertial training*", "*flywheel training*", "*eccentric overload training*", "*velocity*", "*agility*", "*sprint*" e "*change of direction*".

Com o intuito de facilitar a pesquisa nas plataformas, formou-se uma conjugação utilizando as palavras-chave suprarreferidas e os operadores de lógica *OR* e *AND*. A pesquisa foi concretizada entre dezembro de 2022 e janeiro de 2023 e realizou-se da seguinte forma: ("*Isoinertial*" OR "*Isoinertial training*" OR "*flywheel training*" OR "*eccentric overload training*") AND ("*velocity*" OR "*agility*" OR "*sprint*" OR "*change of direction*").

Artigos descobertos fora destas bases de dados ou através de outros artigos também foram tidos em conta, sendo indicados em "outras fontes" na **Figura 1**.

### **2.3. Seleção dos Estudos**

Toda a evidência encontrada foi colocada no Mendeley, para facilitar o processo de seleção.

Em primeiro lugar, os artigos foram analisados pelo seu título e resumo, por duas pessoas separadamente (L.P. e E.R.), de forma a encontrar a bibliografia relevante e a excluir trabalhos não temáticos. Posteriormente, foi analisado o texto integral da bibliografia temática, identificando estudos que correspondiam aos critérios de inclusão apresentados anteriormente.

Após leitura completa, foram excluídos estudos não randomizados controlados, estudos realizados em população não atleta, estudos realizados em atletas do sexo feminino e estudos que não avaliassem a componente da velocidade de corrida.

Para minimizar o risco de viés, e em caso de dúvida relativa aos critérios, foi incluído um terceiro revisor (R.F.).

### **2.4. Extração dos Dados**

Dos estudos incluídos, foram extraídos e colocados num ficheiro Excel os seguintes dados: nome dos autores, país, ano de publicação e revista; amostra, número de participantes e média de idades; protocolo de avaliação de interesse; protocolo de intervenção; *outcomes* e resultados encontrados.

Todas estas informações estão descritas na **Tabela 2**. Em primeiro lugar são apresentados por ordem alfabética os estudos que contemplam as duas variáveis em análise, seguidos dos estudos que avaliam apenas a velocidade linear, e por último o estudo que integra apenas a velocidade multidirecional.

A extração de dados foi concretizada de forma independente por dois autores (L.P. e E.R.) e, a informação recolhida foi à posteriori cruzada entre os autores. Em caso de dúvida ou disparidade nos dados reunidos, o consenso foi obtido através de discussão e concordância ou, do terceiro revisor (R.F.).

## 2.5. Qualidade Metodológica

De modo a avaliar a qualidade metodológica e o risco de viés dos artigos, foi utilizada a *Cochrane Risk of Bias Tools*, tendo sido analisados sete domínios, sendo: (D1) *Random Sequence Generation*; (D2) *Allocation Concealment*; (D3) *Selective Reporting*; (D4) *Other Sources of Bias*; (D5) *Blinding (Participants and Personnel)*; (D6) *Blinding (Outcome Assessment)* e (D7) *Incomplete Outcome Data* (Higgins et al., 2011).

A Tabela 1 apresenta a avaliação do risco de viés, de acordo com os critérios apresentados anteriormente. Esta é realizada através de três cores, sendo: verde, para baixo risco de viés; amarelo, para risco pouco claro de viés; vermelho, para alto risco de viés.

Tabela 1: *Cochrane Risk of Bias Tools* para Estudos Randomizados Controlados.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Overall
Maroto-Izquierdo et al. (2017)	●	●	●	●	●	●	●	●
Sabido et al. (2017)	●	●	●	●	●	●	●	●
Gonzalo-Skok et al. (2016)	●	●	●	●	●	●	●	●
Sanchez-Sanchez et al. (2019)	●	●	●	●	●	●	●	●
Stojanović et al. (2021)	●	●	●	●	●	●	●	●
Cabanillas et al. (2020)	●	●	●	●	●	●	●	●
Fiorilli et al. (2020)	●	●	●	●	●	●	●	●
Suarez-Arrones et al. (2018)	●	●	●	●	●	●	●	●
Raya-González et al. (2021)	●	●	●	●	●	●	●	●

### 3. Resultados

#### 3.1. Seleção dos Estudos

Da pesquisa bibliográfica identificaram-se 306 estudos. Destes, foram excluídos 279 por não corresponderem à tipologia de estudo pretendida (n=100), por não se adequarem à temática da presente revisão (n=134), por estarem em duplicado (n=40) ou sem acesso (n=5).

Assim, foram analisados na totalidade 27 artigos quanto à elegibilidade, dos quais se excluíram 18 por não respeitarem os critérios de inclusão. Deste modo, nove artigos foram selecionados para análise.

Na Figura 1 é representado em fluxograma o processo da pesquisa bibliográfica.

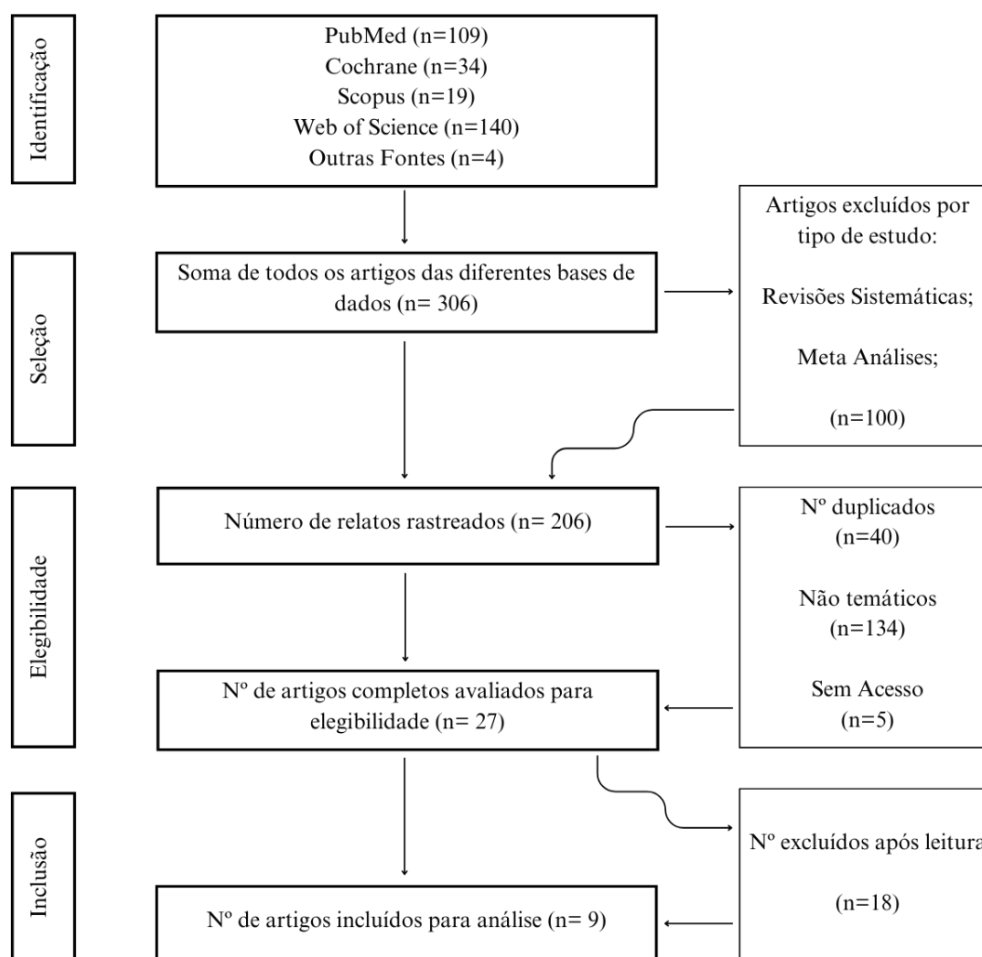


Figura 1: Fluxograma Representativo da Pesquisa Bibliográfica.

### **3.2. Qualidade Metodológica**

Apenas dois dos estudos (Fiorilli et al., 2020; Raya-González et al., 2021) descreveram o processo de aleatorização (D1) com detalhe suficiente para permitir compreender se os grupos seriam comparáveis. Estes mesmos estudos descreveram o método utilizado para a alocação (D2), permitindo compreender se as intervenções poderiam ter sido previstas antes ou durante a integração dos participantes. Quanto ao relato dos resultados (D3), no estudo de Gonzalo-Skok et al. (2016) este parâmetro não foi claro, levantado a possibilidade de uma descrição seletiva dos resultados. No que diz respeito à cegueira dos participantes e dos investigadores, apenas em quatro dos estudos (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Sanchez-Sanchez et al., 2019; Fiorilli et al., 2020; Raya-González et al., 2021) estes eram cegos em relação à intervenção.

De acordo com os resultados apresentados em 2.5, consideraram-se quatro dos estudos como tendo alta qualidade metodológica (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Sanchez-Sanchez et al., 2019; Fiorilli et al., 2020; Raya-González et al., 2021) e os restantes cinco com qualidade metodológica moderada (Sabido et al., 2017; Gonzalo-Skok et al., 2016; Stojanović et al., 2021; Cabanillas et al., 2020; Suarez-Arrones et al., 2018). Assim, e por nenhum apresentar elevados riscos de viés, utilizaram-se os nove estudos para recolha de resultados.

É de notar que se trata de uma avaliação subjetiva por parte do autor (L.P.).

### **3.3. Extração de Dados**

Na Tabela 2 são apresentados os dados recolhidos dos nove estudos analisados.

**Tabela 2:** Resumo dos Estudos Incluídos para Análise.

Autor/Ano/ País/Revista	Amostra	Protocolo Avaliação	Protocolo Intervenção	Outcome	Resultados
Fiorilli et al. (2020) Itália <i>Journal of Sports Science and Medicine</i>	34 jogadores de futebol PT= 16 (Idade: 13.36 ± 0.80) FEO= 18 (Idade: 13.21 ± 1.21)	<i>Sprint</i> linear (60m) Agilidade Mudanças de direção	Duração: 6 semanas; 2 sessões/ semana. <b>Grupo FEO:</b> Exercícios multidirecionais unilaterais com o isoinercial fixo na cintura; 4m sprint na diagonal (esquerda ou direita de forma aleatória); 4 séries de 7 reps. <b>Grupo PT:</b> Treino habitual + protocolo de pliometria: 4 exercícios; 3/4 séries de 7 a 10 reps de cada exercício (incrementos semanais de carga).	A agilidade e as mudanças de direção foram avaliadas através do Y- <i>Agility Test</i> e do teste <i>Illinois</i> , respetivamente. O <i>sprint</i> de 60m foi avaliado através de <i>photocells</i> .	A análise univariada demonstrou diferenças significativas no teste <i>Illinois</i> (p< 0.0001), no Y- <i>Agility test</i> (p< 0.0001) e no <i>sprint</i> (p< 0.0001). Entre grupos encontraram-se diferenças significativas no teste <i>Illinois</i> (p= 0.001). Foram também encontradas interações significativas no teste <i>Illinois</i> (p= 0.0002), no Y- <i>Agility test</i> (p= 0.002) e no <i>sprint</i> (p= 0.001).
Gonzalo-Skok et al. (2016) Espanha/ Chile/ Inglaterra <i>International Journal of Sports Physiology and Performance</i>	48 jogadores semiprofissionais e amadores de desportos coletivos (Idade: 20.5 ± 2.0) CBV: n=24 VUMD: n=24	<i>Sprint</i> 25m Agilidade (COD10, COD20, COD25; COD em linha reta e à esquerda/ direita com ângulo de 45º)	Duração: 8 semanas; 2 sessões/ semana. <b>Grupo CBV:</b> 6 séries de <i>squats</i> no <i>rotational conical- pulley</i> . <b>Grupo VUMD:</b> 1 série de 6 exercícios unilaterais no <i>rotational conical-pulley</i> . <b>Semanas:</b> 1ª- familiarização 2ª,3ª- 6 reps/série. 4ª,5ª- 8 reps/série. 6ª,7ª- 10 reps/série.	O <i>sprint</i> foi avaliado através de <i>photocells</i> , com avaliação de tempos parciais (5m, 10m e 20m). <u>Procedimentos:</u> 2 tentativas com 3 min de repouso entre elas. As mudanças de direção foram avaliadas a várias distâncias (COD10, COD20 e COD25) em linha reta e com mudança à esquerda/direita, com recurso a <i>photocells</i> . <u>Procedimentos:</u> 2 tentativas com 2 min de repouso entre elas.	GCBV e GVUMD: melhorias nas COD10L (CBV: 2.4%, CL: 0.7; 4.0; VUMD: 2.9%, CL: 1.0; 4.7), COD20R (CBV: 2.0%, CL: 0.7; 3.3; VUMD: 1.6%, CL: 0.5; 2.6) e COD20L (CBV: 1.6%, CL: 0.2; 3.0; VUMD: 2.3%, CL: 0.9; 3.7) em comparação com o pré-teste. GVUMD: melhores resultados na COD10R (CBV: 1.1%, CL: -0.3; 2.5; VUMD: 3.0%, CL: 1.5; 4.5) e COD20L. No <i>sprint</i> , há melhorias significativas nos dois grupos, com maior magnitude em distâncias curtas.

Maroto-Izquierdo et al. (2017) Espanha <i>Journal of Human Kinetics</i>	29 jogadores de andebol GE: n=15 (Idade: 19.8 ± 1) GC: n=14 (Idade: 23.8 ± 1.6)	<i>Sprint</i> 20m Agilidade ( <i>T-Test</i> )	Duração: 6 semanas; 2 a 3 sessões/ semana. GE: <i>Yo-yo leg press</i> ; 4 séries de 7 reps; 3 min de repouso entre séries; GC: <i>Leg press</i> ; 4 séries de 7 reps; 3 min de repouso entre séries;	O <i>sprint</i> e o <i>T-Test</i> foram avaliados através de <i>photocells</i> . O <i>T-Test</i> foi administrado utilizando o protocolo de Pauole et al. (2000). <u>Procedimentos:</u> 3 tentativas com 2 min de repouso entre elas;	Ambos os grupos reduziram o tempo de <i>sprint</i> (GC: p< 0.01; GE: p< 0.01), com maior redução no GE. No <i>T-Test</i> apenas o GE reduziu o tempo (p< 0.001).
Raya-González et al. (2021) UK <i>Routledge: Taylor &amp; Francis Group</i>	20 jogadores de futebol (Sub-16) GE= 10 GC= 10	<i>Sprint</i> Mudança de Direção	Duração: 10 semanas; 1 sessão/ semana. GE: <i>Squat</i> lateral na K-Box. 1ª semana: 2 séries de 8 reps; 2ª e 3ª: 2 séries de 10 reps; 4ª: 3 séries de 8 reps; 5ª e 6ª: 3 séries de 10 reps; 7ª e 8ª: 4 séries de 8 reps; 9ª: 3 séries de 8 reps; 10ª: 2 séries de 8 reps; 3 min de repouso entre séries.	O <i>sprint</i> foi medido através de <i>photocells</i> aos 10m, 20m e 30m. <u>Procedimentos:</u> 2 tentativas com 2 min de repouso entre elas. As mudanças de direção foram avaliadas através de <i>photocells</i> , ao longo de um <i>sprint</i> , com mudanças de direção de 90º aos 10m e 20m. <u>Procedimentos:</u> 4 tentativas, 2 com a perna dominante do lado de fora; 2 com a perna dominante do lado de dentro.	Melhorias na COD10d (p= 0.01) e na CODdef10d (p= 0.03) no GC. No GE, encontraram-se melhorias em todas as variáveis da COD e da CODdef (p= 0.001 para 0.04). A análise entre grupos revelou diferenças a favor do GE na COD10d (p= 0.05), COD10nd (p= 0.001), CODdef10d (p= 0.001), CODdef10nd (p= 0.004), COD20d (p= 0.037), COD20nd (p= 0.002), CODdef20d (p= 0.027) e CODdef20nd (p= 0.005). Não se verificaram mudanças significativas na performance do <i>sprint</i> .
Stojanović et al. (2021) Espanha/Sérvia <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	36 jogadores de basquetebol FST: n=12 (Idade: 17.58 ± 0.52); TST: n=12 (Idade: 17.52 ± 0.58); GC: n=12 (Idade: 17.56 ± 0.54)	<i>Sprint</i> 5m e 20m Mudança de direção ( <i>T-Test</i> )	Duração: 8 semanas; 1 a 2 sessões/ semana; Grupo FST: <i>Half-squat</i> e <i>Romainian Deadlift</i> no Isoinercial Grupo TST: <i>Half-squat</i> e <i>Romainian Deadlift</i> com pesos livres.  1ª, 2ª semana: 1 sessão; 2 séries de 8 reps; 3ª, 4ª: 1 sessão; 3 séries de 8 reps; 5ª, 6ª: 2 sessões; 3 séries de 8 reps;	O tempo de <i>sprint</i> foi medido através de células de luz. <u>Procedimentos:</u> 2 tentativas com 2 min de repouso entre elas.  O <i>T-Test</i> foi conduzido de acordo com Semenick e inclui corrida para a frente, deslocamento lateral e corrida de costas.	No <i>sprint</i> de 5m, há diferenças significativas entre os grupos FST e TST (p= 0.001) e entre o FST e GC (p= 0.000). Foi reportado um grande efeito (10.3%) para o grupo FST. No <i>sprint</i> 20m não foram reportados efeitos em nenhuma das tipologias de treino. No <i>T-Test</i> foram encontradas diferenças significativas entre os grupos FST e GC (p= 0.000), e entre

			7 <sup>a</sup> ,8 <sup>a</sup> : 2 sessões; 4 séries de 8 reps; GC: Treino normal.	<u>Procedimentos:</u> 2 tentativas com 2 min de repouso entre elas.	os grupos FST e TST (p= 0.045). As melhorias encontradas foram de 2,4% (grande efeito) para o grupo FST.
Cabanillas et al. (2020) Espanha/ Colômbia Revista Brasileira Cineantropometria e Desenvolvimento Humano	8 jogadores profissionais de basquetebol (Idade: 21,3, DT=3.45) GE: n=4; GC: n=4;	<i>Sprint</i> 30m	Duração: 8 semanas; 1 sessão/ semana; (2 semanas de familiarização, 6 semanas de intervenção). GE: <i>Half-squats</i> no ProSquat. GC: <i>Half-squats</i> com pesos livres. 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> semanas: 4 séries de 10 reps. 3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> : 5 séries de 10 reps. 5 <sup>a</sup> e 6 <sup>a</sup> : 6 séries de 10 reps.	O <i>sprint</i> foi avaliado através da aplicação MySprintApp16.	O GE obteve melhores resultados, apresentando melhorias significativas no <i>sprint</i> de 30m (p= 0.016).
Sabido et al. (2017) Espanha/ Itália <i>European Journal of Sport Science</i>	18 jogadores de andebol (Idade: 23.9 ± 3.8) EOT: n=11 GC: n=7	<i>Sprint</i> 20m	Duração: 7 semanas; 1 sessão/ semana. EOT: 4 séries de 8 reps de <i>half-squats</i> bilaterais; 2 séries de 8 reps de <i>lunges</i> com cada perna; 2 min de repouso entre séries. GC: Treino normal.	Os 20m de <i>sprint</i> foram avaliados através de <i>photocells</i> . <u>Procedimentos:</u> 2 tentativas com 2 min de repouso entre elas.	Resultados "pouco claros" (1.7%, CL: -2.1; 5.3) no <i>sprint</i> de 20m para o GC e, para o GE resultados "possivelmente positivos" (2.3%, CL: 1.1; -3.6). A magnitude do efeito não foi diferente entre os dois grupos, para o <i>sprint</i> de 20m.
Suarez-Arrones et al. (2018) Qatar/ Itália <i>PLOS: Public Library of Science</i>	14 jogadores profissionais de futebol entre os 16 e os 19 anos (Idade: 17.5 ± 0.8)	<i>Sprint</i> 40m	Duração: 27 semanas; 2 sessões/semana (todo o período competitivo). familiarização (3 semanas); progressão 1 (1 série/ exercício; 5 semanas); progressão 2 (2 séries/ exercício; 19 semanas). 10 exercícios, incluindo unilateral <i>yo-yo leg-curl</i> ; extensão da anca unilateral; <i>lunges</i> no <i>Versa Pulley</i> ; variações do <i>half-squat</i> e <i>squat</i> lateral na <i>KBox</i> ; 1 min de descanso entre séries.	Foram avaliados os tempos parciais aos 10m, 30m e 40m através de <i>photocells</i> . <u>Procedimentos:</u> 2 tentativas com 2 min de repouso entre elas.	Os tempos do <i>sprint</i> reduziram substancialmente após a temporada (ES de -0.33 para -0.44). Os autores referem que o treino com sobrecarga excêntrica, combinado ou não com outro treino de força, pode otimizar a performance do <i>sprint</i> em atletas de futebol.

Sanchez-Sanchez et al. (2019) Espanha/ Chile/ Itália <i>Kinesiology</i>	22 atletas amadores de basquetebol e futebol (Idade: 22.5 ± 2.2) HIT: n=10 CT: n=12	Mudança de direção (Teste <i>Illinois</i> )	Duração: 5 semanas; Ambos os grupos realizaram sessões de HIT: 6 min de aquecimento e 2 séries de 8 sprints lineares de 30 seg a 90-100% da FC. <b>Grupo CT:</b> <i>Backward lunges</i> e <i>kicks</i> unilaterais no <i>conical pulley</i> ; <i>half-squats</i> no <i>k-box</i> . 1 <sup>as</sup> 5 sessões: 2 séries de 6 reps cada exercício; Últimas 5 sessões: 3 séries de 6 reps cada exercício;	A mudança de direção foi avaliada através do teste <i>Illinois</i> . Neste teste são utilizados 4 cones, de maneira a formar uma área de 10m de comprimento e 5m de largura. O tempo de teste foi avaliado com <i>photocells</i> . <b>Procedimentos:</b> 2 tentativas com 3 min de repouso entre elas.	Ambos os grupos obtiveram melhorias no teste <i>Illinois</i> , com resultados “quase certos” no grupo CT (5.6% CL: 3.7; 7.6) e “provável” no grupo HIT (2.3%, CL: .0; 4.6). As diferenças entre os grupos mostraram melhores resultados no grupo CT (3.5%, CL: -0,3; 7.2).
---	---	---	---	--	---

GE= grupo experimental; GC= grupo controle; GEOT= *eccentric overload training group*; CVB= *constant bilateral vertical group*; VUMD= *variable unilateral multidirectional group*; HIT= *high-intensity training*; CT= *concurrent training*; FST= *flywheel group*; TST= *traditional strength training group*; PT= *plyometric training group*; FEO= *flywheel eccentric overload group*; 1RM= repetição máxima; COD= mudança de direção; COD10,20,25= mudança de direção aos 10, 20 e 25m; CODd= mudança de direção membro dominante; CODnd= mudança de direção membro não dominante; CODR= mudança de direção à direita; CODL= mudança de direção à esquerda; CODDef= refere-se ao tempo adicional que uma mudança de direção requer quando comparada com um *sprint* linear ao longo da mesma distância; CODDefd= déficit COD membro dominante; CODDefnd= déficit COD membro não dominante; Reps= repetições; Min= minutos; M= metros;

Todos os artigos foram publicados na língua inglesa, entre 2016 e 2021.

De um modo geral, todos os estudos procuraram analisar o efeito do treino isoinercial nas capacidades físicas dos atletas, sendo que nesta revisão apenas foram abrangidos os resultados relativos às componentes da velocidade.

A realização dos estudos conta com a junção de entidades de diferentes países. De acordo com o número de contributos para os vários artigos tem-se: Europa – Espanha, Itália e Sérvia (n=8), América do Sul – Chile e Colômbia (n=3), Reino Unido – Inglaterra (n=2) e Médio Oriente – Qatar (n=1).

Quanto à amostra, no total foram avaliados 229 atletas, dos quais 144 fizeram parte dos grupos de treino isoinercial. No que diz respeito a atividades desportivas, os estudos englobam atletas profissionais e amadores (Gonzalo-Skok et al., 2016) de andebol (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Sabido et al., 2017), basquetebol (Stojanović et al., 2021; Sanchez-Sanchez et al., 2019; Cabanillas et al., 2020) e futebol (Fiorilli et al., 2020; Sanchez-Sanchez et al., 2019; Raya-González et al., 2021; Suarez-Arrones et al., 2018), sendo este último o mais predominante. A amostra revela-se variada quanto à faixa etária dos participantes dos diferentes estudos, sendo a média de idades mais baixa  $13.21 \pm 1.21$  (Fiorilli et al., 2020) e, a mais alta  $23.9 \pm 3.8$  (Maroto-Izquierdo et al., 2017).

Sete estudos apresentam dois grupos de trabalho (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Sabido et al., 2017; Gonzalo-Skok et al., 2016; Sanchez-Sanchez et al., 2019; Cabanillas et al., 2020; Fiorilli et al., 2020; Raya-González et al., 2021), existindo um estudo com três grupos (Stojanović et al., 2021) e ainda, um estudo com apenas um grupo (Suarez-Arrones et al., 2018).

No que diz respeito ao protocolo de avaliação, todos os estudos utilizaram *sprints* lineares, com medição de tempo através de *photocells*, para avaliar a velocidade linear. Foram consideradas distâncias entre os 5m e os 60m, contemplando os 5m, 10m, 20m, 25m, 30m, 40m e 60m. Já para mensurar a velocidade multidirecional, dois estudos utilizaram o *T-Test* (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Stojanović et al., 2021), dois estudos utilizaram o teste *Illinois* (Sanchez-Sanchez et al., 2019; Fiorilli et al., 2020), um estudo utilizou o *Y-Agility Test* (Fiorilli et al., 2020) e os últimos dois estudos optaram pela

mudança de direção ao longo de um *sprint* linear (Raya-González et al., 2021; Gonzalo-Skok et al., 2016).

A intervenção e o período de duração do programa difere entre estudos. Assim, relativamente à longevidade dos artigos tem-se: cinco semanas (n=1) (Sanchez-Sanchez et al., 2019), seis semanas (n=2) (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Fiorilli et al., 2020), sete semanas (n=1) (Sabido et al., 2017), oito semanas (n=3) (Gonzalo-Skok et al., 2016; Stojanović et al., 2021; Cabanillas et al., 2020), dez semanas (n=1) (Raya-González et al., 2021) e 27 semanas (n=1) (Suarez-Arrones et al., 2018). No conjunto dos nove estudos, identificaram-se 12 exercícios diferentes executados nos aparelhos isoinerciais, sendo estes: *yo-yo leg press* e *leg curl*, *lunges*, *backward lunges*, *kicks unilaterais*, *romainian deadlift*, extensão da anca unilateral, exercícios multidirecionais unilaterais, 4m de *sprint* na diagonal, *squats* laterais e *half-squats*, sendo este último o mais predominante (n=6).

Quanto aos dados encontrados, são primeiro apresentados os resultados dos estudos que contemplam as duas variáveis. Assim, o estudo de Fiorilli et al. (2020) refere que a análise univariada demonstrou diferenças significativas no teste *Illinois* ( $p < 0.0001$ ), no *Y-Agility test* ( $p < 0.0001$ ) e no *sprint* ( $p < 0.0001$ ). Entre grupos encontraram-se diferenças no teste *Illinois* ( $p = 0.001$ ) e, foram ainda encontradas interações significativas nos três testes referidos, sendo que no teste *Illinois* ( $p = 0.0002$ ), no *Y-Agility test* ( $p = 0.002$ ) e no *sprint* ( $p = 0.001$ ). No estudo de Gonzalo-Skok et al. (2016) ambos os grupos obtiveram melhorias substanciais na COD10L (CBV: 2.4%, CL: 0.7%;4.0; VUMD: 2.9%, CL: 1.0;4.7), COD20R (CBV: 2.0%, CL: 0.7;3.3; VUMD: 1.6%, CL: 0.5; 2.6) e COD20L (CBV: 1.6%, CL:0.2; 3.0; VUMD: 2.3%, CL: 0.9; 3.7) em comparação com o pré-teste. O grupo VUMD apresenta melhores resultados na COD10R (CBV: 1.1%, CL: -0.3; 2.5; VUMD: 3.0% CL: 1.5; 4.5) e COD20L, face ao outro grupo. No que diz respeito ao *sprint* linear, ambos os grupos obtiveram melhorias significativas, mas semelhantes, com um maior efeito em distâncias curtas. No estudo de Maroto-Izquierdo et al. (2017) o grupo experimental reduziu significativamente os tempos de teste no *sprint* ( $p < 0.01$ ) e no *T-Test* ( $p < 0.001$ ). No estudo de Raya-González et al. (2021) encontraram-se melhorias em todas as variáveis da COD e CODdef ( $p = 0.001$  para 0.04) no grupo experimental e, na COD10d ( $p = 0.01$ ) e CODdef10d ( $p = 0.03$ ) no grupo de controlo. Não se verificaram mudanças no que diz respeito ao *sprint*. No estudo de Stojanović et al. (2021) os resultados demonstram diferenças significativas no *sprint* de 5m entre os grupos FST e TST ( $p = 0.001$ ) e entre os grupos FST e de controlo ( $p = 0.000$ ), enquanto que nenhuma das

tipologias de treino se mostrou eficaz para melhorar o *sprint* de 20m. No *T-Test* também foram encontradas diferenças significativas entre os grupos FST e TST ( $p=0.045$ ), bem como entre o grupo FST e controlo ( $p=0.000$ ). O grupo FST reportou grandes efeitos nas duas variáveis (10.3% no *sprint*; 2.4% no *T-Test*).

Dos artigos que apenas estudaram a componente da velocidade linear, tem-se o estudo de Cabanillas et al. (2020) em que foram observados melhores resultados no grupo experimental, tendo obtido melhorias significativas no *sprint* de 30m ( $p=0.016$ ). No estudo de Sabido et al. (2017) apresentaram-se resultados “pouco claros” (1.7%, CL: -2.1; 5.3) no grupo de controlo e resultados “possivelmente positivos” (2.3%, CL: 1-1; -3.6) no grupo experimental no *sprint* de 20m, no entanto, a magnitude do efeito não se mostrou diferente entre os grupos. No estudo de Suarez-Arrones et al. (2018), o tempo de execução do *sprint* reduziu substancialmente após a temporada (ES de -0.33 para -0.44).

Por último, o estudo de Sanchez-Sanchez et al. (2019) avaliou apenas o teste *Illinois*, no qual ambos os grupos obtiveram melhorias, reportando resultados “quase certos” (5.6%, CL: 3.7; 7.6) no grupo CT e “prováveis” (2.3% CL: .0; 4.6) no grupo HIT. A comparação entre grupos demonstrou melhores resultados no grupo CT (3.5%, CL: -0.3; 7.2).

Os resultados observados são discutidos no próximo ponto.

#### 4. Discussão

Da pesquisa bibliográfica realizada, foram incluídos para análise nove estudos que mostraram cumprir os critérios de inclusão delineados. Os estudos incluídos são estudos randomizados controlados, e apresentam períodos de intervenção entre 5 e 27 semanas, analisando a componente da velocidade linear e/ou multidirecional em atletas do sexo masculino, de diferentes idades e desportos.

Foram analisados oito estudos que abordam a velocidade linear, tendo sido considerados *sprints* lineares entre os 5m e os 60m. Destes, sete estudos (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Sabido et al., 2017; Gonzalo-Skok et al., 2016; Stojanović et al., 2021; Cabanillas et al., 2020; Fiorilli et al., 2020; Suarez-Arrones et al., 2018) evidenciam melhorias significativas nos tempos de *sprint* após intervenção do treino isoinercial. Pelo contrário, no estudo de Raya-González et al. (2021) não foram identificados efeitos significativos do treino isoinercial, quando comparado com o grupo de controlo, no desempenho do *sprint*.

Os estudos de Stojanović et al. (2021) e Gonzalo-Skok et al. (2016) avaliaram, entre outros, o *sprint* de 5m e, em ambos, o tempo de *sprint* diminuiu face à avaliação inicial. Stojanović et al. (2021) reportam um grande efeito (10.3%) para o grupo experimental com sobrecarga excêntrica no que diz respeito ao *sprint* de 5m, no entanto, não foram obtidas melhorias no desempenho do *sprint* de 20m. No estudo de Gonzalo-Skok et al. (2016) foi avaliado o *sprint* de 25m, contemplando também tempos parciais aos 5m, 10m e 20m, sendo que os resultados revelam maior magnitude de efeito do treino isoinercial em distâncias mais curtas. Os autores explicam este facto através da capacidade de produção de força horizontal, referindo que “a capacidade de produzir um rácio maior de forças horizontais ou medio-laterais em relação às forças verticais pode ser mais importante do que a produção global de força...” e que “este facto é apoiado pela literatura que mostra que a capacidade de produzir força horizontal é o principal fator determinante do *sprint* em distâncias curtas...” (Gonzalo-Skok et al., 2016). Na aceleração é importante que a intenção da força seja horizontal, no entanto, no estudo de Hicks et al. (2019) é mencionado que durante a aceleração se produz quatro vezes mais força de reação ao solo vertical, face à força horizontal, e que, quando atingida a velocidade máxima, é produzida oito vezes mais força de reação ao solo vertical (Hicks et al., 2019). É ainda descrito pelos mesmos autores

que, quanto mais força vertical for produzida, mais força horizontal é possível utilizar, aumentando a capacidade de aceleração (Hicks et al., 2019).

Ao contrário dos resultados encontrados no estudo de Stojanović et al. (2021), os estudos de Maroto-Izquierdo et al. (2017) e Sabido et al. (2017) reportam melhorias significativas no *sprint* de 20m, sendo que, neste último, a magnitude do efeito não foi diferente entre o grupo experimental e o grupo de controlo. Maroto-Izquierdo et al. (2017) sugerem que as adaptações criadas pelo isoinercial são relevantes dada a importância da fase de desaceleração no *sprint*, e que “é necessário um tempo de ativação excêntrica eficiente e a produção de força dos grupos musculares do quadríceps e dos isquiotibiais durante a fase de apoio, de modo a proporcionar uma melhor absorção de energia elástica...” (Maroto-Izquierdo et al., 2017). Estes achados conseguem ser suportados através de literatura que assegura que para um atleta alcançar um bom desempenho na aceleração, é necessário que este apresente elevados níveis de força e tempos de contacto com o solo reduzidos, para possibilitar o aumento de velocidade (Hicks et al., 2019). O mesmo acontece quando este atinge a velocidade máxima, necessitando de manter os tempos de contacto com o solo curtos e ciclos alongamento-encurtamento eficientes (Bompa & Buzzichelli, 2017), que são tão importantes para manter a velocidade, como para desacelerar.

Os estudos de Cabanillas et al. (2020), Suarez-Arrones et al. (2018) e Fiorilli et al. (2020) avaliaram a performance em *sprints* lineares de maiores distâncias. O estudo de Suarez-Arrones et al. (2018) avaliou o *sprint* linear de 10m, 30m e 40m e, no final da temporada, os atletas reduziram substancialmente os tempos de *sprint*. Segundo os autores, foram considerados como aceleração os primeiros 10m do *sprint* e como velocidade máxima, a velocidade atingida entre os 30m e os 40m (Suarez-Arrones et al., 2018). No estudo de Cabanillas et al. (2020) foi também avaliado o *sprint* de 30m e, tal como no estudo anterior, demonstram melhorias significativas neste parâmetro pós intervenção.

O estudo de Fiorilli et al. (2020) analisou o *sprint* linear de 60m e os resultados reportam diferenças significativas após a intervenção. Os autores referem que “exposição excêntrica prolongada e episódios de elevada atividade de ciclos alongamento-encurtamento melhoram a ação excêntrica e, curiosamente, melhoram também a fase concêntrica sucessiva no *sprint*” e ainda que “uma fase de alongamento mais rápida leva a um aumento do armazenamento e libertação de energia disponível no final da fase excêntrica...” (Fiorilli

et al., 2020) o que está de acordo com literatura. Numa ação muscular excêntrica, a força aplicada no músculo excede a força que o mesmo consegue produzir (Vogt & Hoppeler, 2014), mantendo o músculo em alongamento como resposta à força imposta (Anthony Turner, 2018). As adaptações musculares sucessivas das ações excêntricas possibilitam o aumento do número de sarcómeros em série, a hipertrofia e o aumento de fibras musculares rápidas e ainda a melhoria da *stiffness* muscular (Suchomel et al., 2019a), o que irá permitir aos atletas uma melhor performance de corrida. Tendo em conta tratar-se de uma maior distância (60m) em que os atletas não só aceleram como conseguem atingir a sua velocidade máxima, Bompa e Buzzichelli (2017) referem que para manter esta velocidade, é essencial que os tempos de contacto com o solo sejam curtos e que os ciclos alongamento-encurtamento se mantenham ótimos.

Por último, o estudo de Raya-González et al. (2021) avaliou a performance do *sprint* de 10m, 20m e 30m em jogadores de futebol e, de acordo com os resultados, não se verificaram mudanças significativas após a intervenção. Neste estudo, o grupo experimental foi sujeito apenas a *squats* laterais no dispositivo isoinercial e, este treino foi realizado uma vez por semana, ao longo de 10 semanas. Os autores reportam que para se assegurarem melhorias na performance do *sprint*, são necessários programas de intervenção mais longos, com maior frequência semanal e que utilizem vários tipos de exercícios (Raya-González et al., 2021). Posto isto, no estudo de Suchomel et al. (2019b), são apresentadas recomendações relativas à planificação do treino isoinercial, sendo indicadas quatro séries de sete repetições, com intervalos de 90-180 segundos entre séries. Quanto à frequência semanal são aconselhadas não mais de duas sessões/semana, com 48h de recuperação entre sessões.

No que diz respeito à velocidade multidirecional, existem já vários estudos que confirmam a eficácia do treino isoinercial nesta capacidade (de Keijzer et al., 2022). Dos nove estudos incluídos para análise, seis avaliam o desempenho da mudança de direção e todos (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Gonzalo-Skok et al., 2016; Sanchez-Sanchez et al., 2019; Stojanović et al., 2021; Fiorilli et al., 2020; Raya-González et al., 2021) reportam resultados positivos após a intervenção.

Nos estudos de Maroto-Izquierdo et al. (2017) e Stojanović et al. (2021) foi utilizado o *T-Test* como método de avaliação da capacidade de mudança de direção, em que os atletas

experienciam corrida para a frente, deslocamentos laterais e corrida de costas (Pauole et al., 2000). A prova é iniciada quando o atleta se sentir pronto (Pauole et al., 2000), eliminando assim a necessidade de tomada de decisão que está presente na agilidade. Em ambos os estudos, os resultados apontam melhorias significativas na performance do *T-Test* nos grupos experimentais, tendo sido encontrado um grande efeito (2.4%) para o grupo FST (*flywheel group*) no estudo de Stojanović et al. (2021). Reforçando a citação feita anteriormente, Maroto-Izquierdo et al. (2017) aborda a necessidade de um tempo de ativação excêntrica eficiente e de uma boa capacidade de produção de força do quadríceps e isquiotibiais durante a fase de apoio, para permitir uma melhor absorção e armazenamento de energia para a fase de *take-off* (Maroto-Izquierdo et al., 2017). Estes aspetos têm especial importância tendo em conta as três componentes de uma mudança de direção, e o que cada uma exige das capacidades físicas dos atletas. As mudanças de direção envolvem: o *braking*, que diz respeito à desaceleração que ocorre antes da fase de apoio, e que permite diminuir a dificuldade e o tempo de contacto com o solo gasto durante a mudança de direção (Anthony Turner, 2018); a fase de apoio, em que ocorre o contacto do pé com o solo para redirecionar o centro de massa, e a fase de propulsão, em que ocorre a re-aceleração (Clarke et al., 2018). Assim, a capacidade que os atletas têm para absorver força (na desaceleração) e produzir força (na aceleração), enquanto controlam o posicionamento do corpo, é crucial para a mudança de direção, tornando-se fundamental desenvolver a taxa de produção de força e a força reativa, para aperfeiçoar os atributos físicos que sustentam a mesma (Clarke et al., 2018).

Os estudos de Sanchez-Sanchez et al. (2019) e Fiorilli et al. (2020) utilizaram o teste *Illinois* e ambos descrevem melhores resultados nos grupos de trabalho com sobrecarga excêntrica. No estudo de Sanchez-Sanchez et al. (2019), obtiveram-se melhores resultados no grupo CT (*concurrent HIT eccentric overload training*) e os autores referem que o treino de sobrecarga excêntrica incluído no treino deste grupo, parece conseguir melhorar a capacidade de mudança de direção, uma vez que a força excêntrica é um dos principais determinantes para o seu bom desempenho (Sanchez-Sanchez et al., 2019).

Para além do teste *Illinois*, no estudo de Fiorilli et al. (2020) foi ainda avaliado o *Y-Agility test*, em que é posta à prova a capacidade de tomada de decisão rápida dos atletas, onde foram identificadas também melhorias significativas. Como referido neste estudo, as melhores adaptações induzidas pelo treino isoinercial são explicadas pelo potente reflexo

de estiramento produzido na transição da fase excêntrica para a concêntrica, durante esta tipologia de treino (Martinez-Aranda & Fernandez-Gonzalo como citado em Fiorilli et al., 2020). Ainda de acordo com os autores, foi levantada a hipótese de que, o facto de existir uma carga variável e irregular em cada repetição do treino isoinercial, possa estar associado a uma maior pré-ativação dos músculos envolvidos. Esta é uma resposta a uma potencial sob estimação da carga, que causa maiores adaptações na fase excêntrica (Martinez-Aranda & Fernandez-Gonzalo como citado em Fiorilli et al., 2020).

Durante uma mudança de direção, os atletas necessitam de força excêntrica para desacelerar rapidamente, e de força concêntrica para conseguir acelerar numa nova direção (Ben Abdelkrim et al. como citado em Fiorilli et al., 2020). Desta forma, tornam-se importantes as adaptações que esta tipologia de treino traz, tanto para a fase excêntrica como para a concêntrica. Tal acontece porque, a exposição excêntrica prolongada e episódios de elevada atividade de ciclos alongamento-encurtamento melhoram a ação excêntrica e a primeira fase de uma mudança de direção, assim como a fase concêntrica sucessiva que ocorre na segunda fase da mudança de direção (Spiteri et al., como citado em Fiorilli et al., 2020).

No estudo de Fiorilli et al. (2020), os atletas foram submetidos a diferentes exercícios multidirecionais unilaterais no dispositivo isoinercial e, os autores apontam que “a possibilidade de utilizar o treino isoinercial para sobrecarregar movimentos multidirecionais, em diferentes ângulos articulares e em condições desportivas específicas, conduziu a melhores adaptações e melhorias de desempenho do que as observadas no treino convencional.” (Fiorilli et al., 2020).

Por sua vez, os estudos de Gonzalo-Skok et al. (2016) e Raya-González et al. (2021) não utilizaram nenhum teste de agilidade em específico de forma a avaliar a mudança de direção, tendo optado por avaliar a performance da mesma ao longo de *sprints* lineares. No estudo de Gonzalo-Skok et al. (2016), a mudança de direção foi avaliada a várias distâncias - 10m, 20m e 25m - em linha reta, com mudanças de direção à esquerda e direita e, nos dois grupos, são apresentadas melhorias nesta capacidade. Em ambos os grupos, as mudanças de direção aos 10m à esquerda, e aos 20m à esquerda e à direita apresentam diferenças significativas quando comparadas com o pré-teste, no entanto, na mudança de direção aos 10m à direita o grupo VUMD (*variable unilateral multidirectional movements*) apresenta

melhores resultados, assim como adaptações mais robustas na grande maioria dos testes de mudança de direção, face ao grupo CBV (*constant bilateral vertical*).

Tendo em conta os vetores de aplicação de força dos exercícios realizados pelo grupo VUMD, seria de esperar um maior efeito neste grupo. No entanto, apesar de ter sido apenas aplicado o vetor de força vertical, no grupo CBV foi também observada uma maior capacidade de mudança de direção após a intervenção. Segundo Gonzalo-Skok et al. (2016), estes achados podem ser explicados pelas adaptações criadas em cada um dos grupos, de acordo com os exercícios realizados. Assim, no grupo CBV, as melhorias observadas podem estar relacionadas com os estímulos neuromusculares e mecânicos do treino e, no grupo VUMD, com a correspondência dos exercícios realizados e a bateria de testes. É ainda referido pelos autores que, através de estudos piloto, verificou-se que em exercícios mais estáveis pode ser desenvolvida mais potência e sobrecargas excêntricas mais consistentes, em comparação com exercícios mais complexos, em que podem, por exemplo, ser observados padrões compensatórios de movimento (Gonzalo-Skok et al., 2016).

Por último, no estudo de Raya-González et al. (2021), as mudanças de direção foram avaliadas também ao longo de um *sprint*, com mudança de direção de 90º aos 10m e 20m, com ambos os membros dominante e não dominante. Verificaram-se melhorias significativas em todas as variáveis da mudança de direção no grupo experimental. Estes achados podem ser explicados através das exigências do treino isoinercial, em que, os atletas têm de acelerar na fase concêntrica do movimento, acumulando carga, e desacelerar na fase excêntrica, resistindo à força imposta pelo aparelho (de Keijzer et al., 2022). Tais padrões de movimento, com rápidas desacelerações e acelerações, representam as tarefas necessárias durante uma mudança de direção (Coratella et al., como citado em Raya-González et al., 2021). Cada mudança de direção tem exigências únicas, sendo que numa mudança de direção com menor tempo de contacto no solo, os ciclos alongamento-encurtamento serão mais rápidos; pelo contrário, numa mudança de direção com tempos de contacto no solo mais prolongados, os ciclos alongamento-encurtamento são mais longos e melhorados, resultando numa maior necessidade de força excêntrica (Anthony Turner, 2018). Assim, quanto maior for o ângulo da mudança de direção, mais longo será o tempo de contacto com o solo e haverá uma maior necessidade de recrutamento excêntrico (Anthony Turner, 2018).

Para além da capacidade de mudança de direção, neste estudo foi ainda avaliado o parâmetro da “CODDef”. Este termo diz respeito ao tempo adicional que uma mudança de direção requer quando comparada com um *sprint* linear ao longo da mesma distância (Lazić et al., 2022). Segundo Raya-González et al. (2021), foram obtidas melhorias neste aspeto no grupo experimental. Os autores descrevem que os efeitos positivos encontrados podem estar relacionados com a influência da carga excêntrica gerada pelo isoinercial, e pelo facto do exercício utilizado – agachamento lateral – ter semelhanças com o padrão de movimento das mudanças de direção (Raya-González et al., 2021). Apesar dos efeitos positivos relatados, a literatura alusiva a este ponto é ainda escassa, e este é um fator a ter em conta para estudos futuros.

Em jeito conclusivo, torna-se legítimo afirmar que o estudo em causa apresenta algumas limitações, sendo o número de artigos incluídos para análise o mais impactante, apesar de, ainda assim, ter sido possível recolher informação pertinente e demonstrar resultados significativos.

É também importante salientar a heterogeneidade quanto à idade e atividade desportiva dos participantes dos estudos analisados e, ainda, as diferentes intervenções observadas em cada trabalho. Estes são fatores que podem condicionar e influenciar os resultados obtidos. Outra questão advém da escassez de literatura que relaciona o treino isoinercial com a componente da velocidade máxima, o que não permitiu uma análise suficientemente fundamentada sobre este parâmetro. Assim, sugere-se que em investigações futuras este seja também um critério a considerar.

## **5. Conclusão**

Com a presente revisão, é possível constatar que, apesar da diversidade de intervenções realizadas nos estudos analisados, o treino isoinercial demonstrou reunir todas as condições para ser uma ferramenta capaz de melhorar a performance da velocidade em atletas de diferentes faixas etárias e desportos. Contudo, e de acordo com outros trabalhos, existe ainda alguma controvérsia na evidência bibliográfica no que diz respeito ao *sprint* linear e capacidade de aceleração, apesar da grande maioria dos estudos analisados apontar efeitos positivos. Ainda na velocidade linear e, como já suprarreferido, literatura que aborde a transição para a velocidade máxima e a velocidade máxima ainda é escassa, algo a ter em conta para estudos futuros.

No que concerne à velocidade multidirecional, a literatura demonstra-se mais coesa, apontando efeitos positivos na utilização do treino isoinercial para melhorar esta capacidade.

Assim, e de acordo com a demais literatura, é possível afirmar que o treino isoinercial revela efeitos promissores quanto ao desenvolvimento da velocidade linear e multidirecional, em atletas do sexo masculino.

## Referências Bibliográficas

- Anthony Turner, P. C. (2018). *Advanced Strength and Conditioning*. Routledge.
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2017). *Periodización del Entrenamiento Deportivo*.
- Clarke, B. R., Aspe, R., Sargent, D., & Hughes, J. (2018). *Technical models for change of direction : biomechanical principles. February 2019*.
- de Keijzer, K. L., Gonzalez, J. R., & Beato, M. (2022). The effect of flywheel training on strength and physical capacities in sporting and healthy populations: An umbrella review. *PLoS ONE*, *17*(2 February), 1–18.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Medicine*, *47*(5), 917–941.
- Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Calcagno, G., & Cagno, A. (2020). *Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players : Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. February, 213–223*.
- Hicks, D. S., Schuster, J. G., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019). Improving Mechanical Effectiveness During Sprint Acceleration. *Strength and Conditioning Journal*, *00*(00), 1–18.
- Higgins, J. P. T., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Jüni, P., Moher, D., Oxman, A. D., Savović, J., Schulz, K. F., Weeks, L., & Sterne, J. A. C. (2011). The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ (Online)*, *343*(7829), 1–9.
- Lazić, A., Andrašić, S., Stanković, M., Milanović, Z., & Trajković, N. (2022). Change of Direction Deficit: A Promising Method to Measure a Change of Direction Ability in Adolescent Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, *85*(1), 1–11.
- Maroto-izquierdo, S., García-lópez, D., & Paz, J. A. De. (2017). *Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional Handball Players by. 60*(December), 133–143.

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Altman, D., Antes, G., Atkins, D., Barbour, V., Barrowman, N., Berlin, J. A., Clark, J., Clarke, M., Cook, D., D'Amico, R., Deeks, J. J., Devereaux, P. J., Dickersin, K., Egger, M., Ernst, E., ... Tugwell, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, *6*(7).
- Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *14*(4), 443–450.
- Pedley, J. S., Lloyd, R. S., Read, P. J., Moore, I. S., Myer, G. D., & Oliver, J. L. (2023). *performance across maturity in youth soccer players*. *36*(9), 2573–2580.
- Petré, H., Wernstål, F., & Mattsson, C. M. (2018). Effects of Flywheel Training on Strength-Related Variables: a Meta-analysis. *Sports Medicine – Open*, *4*(1).
- Raya-González, J., Prat-Luri, A., López-Valenciano, A., Sabido, R., & Hernández-Davó, J. L. (2021). Effects of Flywheel Resistance Training on Sport Actions. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Human Kinetics*, *77*(1), 191–204.
- Ruben Cabanillas, J. S.-A. (Janeiro de 2020). Effect of eccentric overload through isoinertial technology in basketball players. *Effect of eccentric overload through isoinertial technology in basketball players*.
- Sabido, R., Hernández-davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., Tous-fajardo, J., Sabido, R., Hernández-davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., Navarro, A., & Tous-fajardo, J. (2017). *Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players*. *1391*(February).
- Sanchez-sanchez, J., Gonzalo-skok, O., Carretero, M., Pineda, A., Ramirez-campillo, R., & Nakamura, F. Y. (2019). *HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON TEAM SPORTS PLAYERS' PERFORMANCE*. *51*, 119–126.
- Stojanovi, M. D. M. (2021). *Greater Power but Not Strength Gains Using Flywheel Versus Equivolumed Traditional Strength Training in Junior Basketball Players*. 1–12.

- Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Gregory Haff, G., & Stone, M. H. (2019a). Implementing eccentric resistance training—Part 1: A brief review of existing methods. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *4*(2), 1–25.
- Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Gregory Haff, G., & Stone, M. H. (2019b). Implementing eccentric resistance training—Part 2: Practical recommendations. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *4*(3).
- Vogt, M., & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: Mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of Applied Physiology*, *116*(11), 1446–1454.