



Helena Sofia Monteiro Fernandes Vieira

**Os Benefícios da Atividade Física nas Funções Executivas em Crianças e
Adolescentes com Autismo: Uma Revisão Sistemática**

Trabalho realizado sob orientação da
Professora Doutora Marisa Filipe

março, 2023



Helena Sofia Monteiro Fernandes Vieira

**Os Benefícios da Atividade Física nas Funções Executivas em Crianças e
Adolescentes com Autismo: Uma Revisão Sistemática**

Dissertação de Mestrado em Psicologia Clínica e da Saúde

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona do Porto no dia
23/03/2023, perante o júri seguinte:

Presidente: Professor Doutor Diogo Jorge Pereira do Vale Lamela da Silva

Por delegação da Diretora da Diretora do Ciclo de Estudos

Arguente: Professora Doutora Rita Antunes (Universidade Lusíada)

Orientadora: Professora Doutora Marisa Gomes Filipe Richter-Trummer

março, 2023

É autorizada a reprodução integral desta tese/dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer à Professora Doutora Marisa Filipe, por toda a orientação dada ao longo destes dois anos que passaram. Acima de tudo, gostaria de agradecer pela paciência, disponibilidade, apoio, motivação, carinho, sinceridade e pelo conhecimento transmitido durante esta fase do meu percurso académico.

Aos meus pais, que ao longo de todo o meu percurso académico me transmitiram confiança e motivação para não desistir nos períodos mais difíceis, bem como pelo amor, dedicação, paciência e todos os sacrifícios realizados durante todo este ciclo de ensino. À minha irmã, cunhado e sobrinha por toda a força, confiança, paciência e disponibilidade que tiveram comigo ao longo de todo este processo académico. Obrigada aos cinco por serem o meu pilar.

À minha madrinha, por todo o apoio e sacrifício que teve ao longo destes cinco anos para comigo, dado que sem ela não seria possível ultrapassar algumas metas. Aos meus primos e prima, por todo o apoio e disponibilidade. Aos meus tios-avós, por todo o apoio e coragem que me transmitiram em todas as fases do meu percurso académico.

Aos meus avós, por todos os ensinamentos dados ao longo da vida, e por todo o apoio e coragem que me transmitiram. Em especial ao meu avô, que certamente estará orgulhoso de todos os objetivos e conquistas que alcancei até ao momento.

À Inês Loureiro e à Maria Inês Almeida, por terem sido as melhores companheiras de conversas e de estudos, mas acima de tudo pela confiança, amizade, carinho, motivação e paciência que tiveram comigo ao longo destes últimos anos. À Ana Glória e a Catarina Cunha, pelo carinho e amizade nestes anos. À Érica Machado por todos os momentos e por todo o apoio que temos transmitido uma à outra. À Matilde e à Jéssica Reis que se tornaram companheiras nos momentos mais importantes deste percurso, e pela paciência e motivação que ambas tivemos umas para com as outras.

A todos os meus colegas que fizeram parte desta fase da minha vida, e que tiveram de algum modo uma influência importante. Agradecer também a todos os professores desta instituição, pelos ensinamentos e confiança que me foram transmitindo a cada ano letivo.

À minha melhor amiga por ter estado comigo ao longo de todos estes anos de vida, e que consigamos manter esta amizade. Agradecer por todo o apoio, por toda a paciência para comigo, mas principalmente pelo amor e carinho que mantemos e que torna a nossa amizade mais duradoura e forte nos obstáculos que nos aparecem.

A todos os amigos, por terem paciência para comigo e por toda a motivação transmitida.

Ao meu ídolo, que de uma forma direta ou indireta, sempre me incentivou a seguir e a não desistir dos meus sonhos, mas também pela confiança e apoio que me deu ao longo dos momentos mais complicados.

Para terminar, a todas as pessoas que acreditaram em mim e que sempre souberam que eu era capaz de chegar onde estou.

Os Benefícios da Atividade Física nas Funções Executivas em Crianças e Adolescentes com Autismo: Uma Revisão Sistemática

Resumo

A Perturbação do Espectro do Autismo (PEA) é uma perturbação do neurodesenvolvimento caracterizada por dificuldades ao nível da interação e comunicação social, a par de interesses restritos e comportamentos repetitivos. A PEA é também caracterizada por inúmeros problemas nas Funções Executivas (FE), nomeadamente ao nível da flexibilidade cognitiva, da memória de trabalho, do controlo inibitório, do planeamento e da regulação emocional, tornando-se essencial compreender que respostas existem em termos de intervenção para colmatar estas dificuldades. Neste âmbito, diversos estudos sugerem que a implementação de programas de Atividade Física (AF) tem um impacto positivo nas FE. Todavia, os benefícios desta prática em indivíduos com PEA não são ainda claros. Portanto, o presente estudo pretende compreender os efeitos da AF nas FE em crianças e adolescentes com PEA, através de uma revisão sistemática da literatura.

De forma a garantir o rigor metodológico, esta revisão seguiu os critérios PICO e as diretrizes PRISMA. Para a pesquisa foram selecionadas as bases de dados *ERIC*, *APA PsycInfo* e *Academic Search Complete* e as seguintes palavras-chave: *Autism Spectrum Disorders OR ASD OR Autism OR Aspergers OR Asperger Syndrome AND Executive Function OR Executive Functioning AND Physical Activity OR Exercise OR Fitness OR Physical Exercise OR Sport AND Children OR Adolescent*. Nesta revisão, foram incluídos um total de 9 estudos por respeitarem os critérios de inclusão/exclusão estabelecidos.

Os resultados sugerem que após a implementação de programas de AF, tais como basquetebol, equitação, ciclismo, entre outros, a maioria dos estudos revelou benefícios para a globalidade das FE analisadas (e.g., controlo inibitório, flexibilidade cognitiva e planeamento). Contudo, dois estudos não revelaram efeitos significativos na memória de trabalho e na regulação emocional.

Concluindo, esta revisão salienta os benefícios da AF nas FE em crianças e adolescentes com PEA, o que representa uma mais-valia para esta população clínica. Porém, esta temática carece de maior atenção e investigação dado o número reduzido de estudos analisados.

Palavras-chave: Perturbação do Espectro do Autismo; Funções Executivas; Atividade Física; Crianças e Adolescentes.

The Benefits of Physical Activity in Executive Functions on Children's and Adolescents with Autism: A Systematic Review

Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a disturbance from the neurodevelopmental disorder characterized by difficulties in interaction and social communication, along with restricted interests and repetitive behaviours. The ASD is also characterized by several problems in executive functions (EF), in particular in terms of cognitive flexibility, working memory, inhibitory control, planning and emotional regulation, make it essential to understand what answers exist in terms of intervention to overcome those difficulties.

In this context, several studies suggest that implementation of Physical Activity (PA) programs has a positive impact on EF. However, the benefits of this practice in individuals with ASD are not totally clear. And because of this, the present study aims to understand the effects of PA on EF in children's and adolescents with ASD, through a systematic review of the literature.

In order to guarantee the methodological rigor, this review followed the PICO criteria and PRISMA guidelines. For the research it was selected several databases like: ERIC, APA PsycInfo and Academic Search Complete, and also the following keywords: *Autism Spectrum Disorders OR ASD OR Autism OR Aspergers OR Asperger Syndrome AND Executive Function OR Executive Functioning AND Physical Activity OR Exercise OR Fitness OR Physical Exercise OR Sport AND Children OR Adolescent*. For this review, it was included a total of 9 studies since they respect the establish criteria of inclusion/exclusion.

The results suggest that after implementation of PA programs, such as basketball, riding, cycling, and others, it shows that most of those studies revealed benefits for the most analysed EF (for example: inhibitory control, cognitive flexibility, and planning). Although, two of these studies didn't reveal significant effect on working memory and emotion regulation.

In summary, this review highlights the benefits of PA and EF in children and adolescents with ASD, which provides an added value for this clinical population. Even though, this topic needs more attention and investigation due to the small number of studies analysed.

Keywords: Autism Spectrum Disorder, Executive functions; Physical Activity; Children's and Adolescents.

Índice

Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tabelas	ix
1.Introdução.....	1
1.1. Perturbação do Espectro do Autismo (PEA)	1
1.2. Funções Executivas (FE)	3
1.3. FE e PEA.....	5
1.4. Atividade Física (AF)	7
1.5. AF nas FE de crianças e adolescentes com PEA.....	9
2.Método	12
2.1. Pesquisa.....	12
2.1.1. Questão de Investigação	12
2.1.2. Base de Dados.....	12
2.1.3. Termos de Pesquisa.....	12
2.1.4. Critérios de Elegibilidade	12
2.2. Procedimentos	13
2.2.1. Recolha de Dados.....	13
2.2.2. Avaliação do risco de viés	13
2.2.3. Dados Recolhidos.....	14
3.Resultados.....	15
3.1. Características Gerais dos Estudos	16
3.1.1. Risco de Viés	16
3.1.2. Tipo de AF	18
3.1.3. Duração das Intervenções com AF	19
3.1.4. Medidas de Avaliação das FE.....	19
3.1.5. Alvos de Intervenções nas FE.....	19
3.2. Efeitos das Intervenções	24

3.2.1. Controlo Inibitório	24
3.2.2. Memória de Trabalho	25
3.2.3. Flexibilidade Cognitiva	26
3.2.4. Planeamento.....	26
3.2.5. Regulação Emocional.....	27
3.2.6. FE Globais	27
4. Discussão.....	29
4.1. Controlo Inibitório.....	29
4.2. Memória de Trabalho.....	30
4.3. Flexibilidade Cognitiva.....	31
4.4. Planeamento	31
4.5. Regulação Emocional	31
4.6. FE Globais.....	32
4.7. Tipos de Intervenções com AF.....	32
4.8. Duração, Intensidade e Frequência das Intervenções com AF	33
4.9. Limitações do Estudo e Pontos fortes.....	34
5. Referências Bibliográficas.....	36

Índice de Figuras

Figura 1: <i>Diagrama de Fluxograma PRISMA de Seleção de Estudos</i>	15
Figura 2: <i>Risco de Viés dos Estudos Randomizados (RoB2.0)</i>	17
Figura 3: <i>Resumo do Risco de Viés de Estudos Randomizados (RoB2.0)</i>	17
Figura 4: <i>Risco de Viés de Estudos Não Randomizados (ROBINS-I)</i>	18
Figura 5: <i>Resumo do Risco de Viés de Estudos Não Randomizados (ROBINS-I)</i>	18

Índice de Tabelas

Tabela 1: *Estrutura PICO (População, Intervenção, Comparação, Resultados)*.....12

Tabela 2: *Resumo das Características dos Estudos Incluídos* 20

Lista de Abreviaturas

AF – Atividade Física

AFMV – Atividade Física Moderada e Vigorosa

APA – *American Psychiatric Association*

ASD – *Autism Spectrum Disorder*

BDS – *Backward Digit Span Test*

BDNF – *Brain-Derived Neurotrophic Factor*

BRIEF – *Behavior Rating Inventory of Executive Function*

CBTT – *Corsi Block Tapping Task*

CHEXI – *Childhood Executive Functioning Inventory*

DSM – Manual de Diagnóstico e Estatística das Perturbações Mentais

EUA – Estados Unidos da América

FDS – *Foward Digit Span Test*

FE – Funções Executivas

GNG – *Go/No-Go Task*

OMS – Organização Mundial da Saúde

PEA – Perturbação do Espectro do Autismo

PICO – População, Intervenção, Comparação e “*Outcomes*”

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

RCTs – *Randomized Controlled Trials*

SCWT – *Stroop Color and Word Test*

SPARK – *Sports, Play and Active Recreation for Kids*

TOL – *Tower of London*

WCST – *Wisconsin Card Sorting Test*

1.Introdução

1.1. Perturbação do Espetro do Autismo (PEA)

A Perturbação do Espetro do Autismo (PEA) é uma perturbação de neurodesenvolvimento, caracterizada por défices na comunicação e interação social recíproca presentes em vários contextos da vida diária, sendo estas limitações invasivas e permanentes no tempo (American Psychiatric Association [APA], 2014). Para além disso, na PEA são evidentes padrões restritos e repetitivos de comportamentos, interesses ou atividades, que se manifestam em função da idade e capacidade (APA, 2014). Na PEA estas dificuldades variam consoante a sua gravidade, ou seja, de leves a graves, podendo mudar em função do contexto e variar ao longo do tempo. A PEA pode ainda ser acompanhada, ou não, por défices intelectuais e défices na linguagem (APA, 2014). Os sintomas são visíveis no início do período de desenvolvimento, mas podem manifestar-se apenas quando as exigências sociais ultrapassarem as capacidades que o indivíduo possui. Por fim, importa referir, que os indivíduos que possuem PEA apresentam várias áreas do funcionamento social e ocupacional afetadas que prejudicam o seu dia a dia (APA, 2014).

Até há bem pouco tempo, o Manual de Diagnóstico e Estatística das Perturbações Mentais - IV (DSM-IV, APA, 2011) distinguia diagnósticos distintos no âmbito das PEA, nomeadamente, a perturbação autística, a síndrome Asperger, a perturbação desintegrativa da segunda infância e a perturbação global do desenvolvimento sem outra especificação (incluindo o autismo atípico). No entanto, atualmente, com os novos critérios de diagnóstico propostos pelo DSM-5 (APA, 2014), as anteriores distinções foram extintas e a nova proposta para este domínio nosológico tem a designação de PEA, classificada de acordo com o nível de gravidade, podendo esta ser leve, moderada ou grave.

Os níveis de gravidade são fundamentais no diagnóstico desta perturbação, dado que auxiliam os profissionais na caracterização clínica da sintomatologia dos indivíduos nos dois domínios psicopatológicos da PEA (comunicação social e comportamentos repetitivos). Desta forma, indivíduos que apresentem uma sintomatologia de nível leve requerem apenas suporte, que lhes permita, por exemplo, iniciar interações sociais com os outros e ter comportamentos menos rígidos em certos contextos. No nível moderado, a sintomatologia agrava-se, sendo necessário um suporte substancial ao nível da comunicação social e dos comportamentos repetitivos. Por fim, no nível grave, os indivíduos com PEA apresentam dificuldades acentuadas na comunicação social (e.g., comunicam apenas com pessoas muito próximas) e no comportamento repetitivo (e.g., apresentam extrema dificuldade em lidar

com a mudança), o que leva à necessidade de possuírem um suporte muito substancial que lhes permita atenuar estas dificuldades (APA, 2014).

Nos últimos anos, a investigação revela que a prevalência da PEA está a aumentar, sendo que os indivíduos do sexo masculino apresentam uma taxa mais elevada de PEA, face ao sexo feminino (APA, 2014). Em 2008, o *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC, 2022) reportou uma prevalência de 11.3 por 1.000 crianças nos Estados Unidos da América (EUA). Em 2018, a prevalência aumentou para 23.0 por 1.000 crianças (CDC, 2022). Tal como nos EUA, a Europa tem reportado um aumento substancial no número de diagnósticos de PEA face a anos anteriores, com uma prevalência de 59 indivíduos por 10.000 habitantes nas últimas décadas (Anorson et al., 2021). Em Portugal, são poucos os estudos que analisam a prevalência da PEA, mas segundo Oliveira et al., em 2007, a PEA em Portugal apresentava uma prevalência de 10 por 10.000 crianças, com uma grande variação regional.

Relativamente à origem desta perturbação, a investigação demonstra que existem diversos fatores que contribuem para a sua evolução (Hallmayer et al., 2011). Os estudos com famílias e gémeos de indivíduos com PEA têm salientado a importância da genética nesta perturbação, evidenciando que a maioria dos gémeos monozigóticos, que partilham os mesmos genes, possuem autismo, ao contrário dos gémeos dizigóticos que apresentam menor concordância no diagnóstico de PEA, apesar desta ser ainda superior ao esperado para a população sem risco genético (Hallmayer et al., 2011; Ronald & Hoekstra, 2011). Além disso, a investigação salienta que a predisposição genética combinada com diversos fatores ambientais (e.g., período perinatal, tabagismo e nutrição) é responsável pela forma como a PEA se manifesta em cada indivíduo (Bölte, et al., 2019).

São várias as teorias cognitivas que procuram explicar as dificuldades que indivíduos com este diagnóstico apresentam, como a Teoria da Mente (Baron-Cohen et al., 1985), a Teoria da Coerência Central (Frith, 1989), a Teoria da Motivação Social (Chevallier et al., 2012) e a Teoria das Funções Executivas (FE) (Pennington & Ozonoff, 1996; Rajendran & Mitchell, 2007).

A Teoria da Mente é definida por Premack e Woodruff (1978) como a capacidade que um indivíduo possui para atribuir estados mentais a si próprio e aos outros, ou seja, conseguir compreender e prever os seus comportamentos, crenças e sentimentos. Segundo Leslie (1987; 1988 citado por Frith & Happé, 1994), esta é uma capacidade essencial nas competências sociais de um indivíduo, visto que permite deduzir os pensamentos e ideais do outro. No entanto, as crianças com PEA apresentam dificuldades nesta competência, tal

como relatado pelos pais, na medida em que não conseguem perceber e compreender o estado mental do outro, prejudicando assim a sua comunicação e interação social (Baron-Cohen et al., 1985).

A Teoria da Coerência Central nos indivíduos com PEA salienta as dificuldades persistentes em processar informação recebida como um todo e dar-lhe um significado global (Frith, 1989). Desta forma, crianças com esta perturbação poderão não conseguir compreender a moral de uma determinada história, visto que estas estarão focadas em decorar as palavras usadas na fábula. Todavia, estas crianças podem ter um excelente desempenho em determinadas atividades em que a informação é focalizada e não exige o processamento do significado total da mesma (Frith & Happé, 1994).

A Teoria da Motivação Social explica muitas das dificuldades de comunicação e imaginação social que as crianças e adolescentes com PEA demonstram, uma vez que as dificuldades na atenção social impedem as mesmas de experienciar uma aprendizagem social adequada, ou seja, estas crianças não sentem prazer e motivação nas atividades sociais que realizam, da mesma forma que pares com um desenvolvimento típico. Portanto, esta teoria salienta que crianças e adolescentes com PEA apresentam dificuldades no desenvolvimento cognitivo social e na aquisição de capacidades sociais, nomeadamente, ao nível da orientação, do prazer e da manutenção social (Chevallier et al., 2012).

As FE tem sido largamente estudadas na PEA, sendo vários os estudos que destacam a disfunção executiva em crianças e adolescentes com esta perturbação (Hill, 2004; Pennington & Ozonoff, 1996). Apesar de não existir um consenso na definição de FE entre os investigadores, estas podem ser definidas como um conjunto de processos mentais de ordem superior, responsáveis pela regulação de pensamentos, emoções e comportamentos dos indivíduos (Diamond, 2013). Deste modo, Hill (2004) descreve que a teoria da disfunção executiva apresenta uma relação com a PEA, visto que muitos destes indivíduos apresentam certas características sociais e comportamentais (e.g., comportamentos repetitivos e restritos).

1.2. Funções Executivas (FE)

As FE são um construto que tem sido estudado e aprofundado por diversos autores nas últimas décadas, com o intuito de compreender aspetos do funcionamento psicológico e as dificuldades associadas, dado que estas se encontram relacionadas com diversos fatores de desenvolvimento e perturbações mentais (Müller & Kerns, 2015). Porém, e tal como na sua

definição, não existe um consenso quanto aos domínios que compõe as FE, sendo que a maioria dos autores defende a existência de três principais domínios executivos, nomeadamente, o controlo inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000).

Posto isto, Diamond (2013) define controlo inibitório como a capacidade que os indivíduos possuem para controlar e regular a atenção, os comportamentos, os pensamentos, e as emoções automáticas e preponderantes num dado contexto. Este domínio permite às crianças uma mudança forte na predisposição interna e na atração externa, concebendo-lhes a oportunidade de realizar o mais apropriado e necessário numa determinada situação (Diamond, 2013).

A memória de trabalho é a capacidade responsável pelo armazenamento e pela manipulação de informação recebida pelo indivíduo, por um período de curta duração (Baddeley, 1992). Desta forma, esta FE é essencial para as crianças, uma vez que é responsável pelos processos cognitivos complexos que envolvem a compreensão da linguagem, aprendizagem e raciocínio (Baddeley, 1992; Goldstein et al., 2014). Seguindo o modelo de Baddeley e Hitch (1974), a memória de trabalho é composta por três componentes essenciais: o executivo central (opera como um sistema de controlo), o loop fonológico (processa a informação verbal auditiva) e o bloco visuo-espacial (processa informação visual). Mais tarde, a este modelo foi adicionado o buffer episódico (armazena diversas informações) (Baddeley, 2012).

Relativamente à flexibilidade cognitiva, esta consiste na capacidade que o indivíduo possui para mudar as suas perspetivas e tarefas e adaptar-se a novas exigências que o meio exige (Diamond, 2013). Esta FE permite alterar certas estratégias de resolução e substituir aquela que pode levar a uma solução ineficaz (Hill, 2004). Portanto, a flexibilidade cognitiva permitirá mudar a forma de pensamento de cada indivíduo a partir de várias perspetivas, o que lhe dará a possibilidade de ajustar as suas prioridades (Diamond, 2013; Hill, 2004).

Contudo, existem diversos autores que não apresentam o mesmo consenso acerca dos domínios que compõe as FE (Goldstein et al., 2014). Desta forma, outros autores também destacam outros domínios como o planeamento, a atenção e a regulação emocional (Lezak, 1995; Anderson, 2002)

O planeamento é um sistema de respostas que inclui processos cognitivos como a tomada de decisão, o julgamento e a avaliação dos comportamentos dos outros e de si próprio (Das & Heemsbergen, 1983). Portanto, este domínio executivo é definido como a capacidade que

o indivíduo possui para organizar o comportamento e delinear um plano de ação, tendo em consideração objetivos concretos e estratégias delineadas (Hill, 2004; Pellicano, 2012).

Por sua vez, a definição de atenção enquanto FE também apresenta diversas divergências entre os investigadores (Lezak, 2004). Esta pode ser definida como a capacidade que o indivíduo possui para selecionar estímulos específicos e inibir determinadas respostas (Anderson, 2002). Segundo Anderson (2002) e Lezak (2004) a atenção é constituída por diferentes componentes que integram o seu funcionamento, designadamente, a atenção seletiva (capacidade de discriminar estímulos relevantes), a atenção dividida (aptidão para dar resposta a diferentes atividades), a atenção sustentada (manter a atenção focada por um período de tempo) e a atenção alternada (alternar a atenção entre as diversas atividades).

Por conseguinte, a regulação emocional pode ser definida como a capacidade de estabilizar as emoções, através de estratégias que permitam ao indivíduo, por exemplo, realizar uma avaliação e controlar as próprias emoções, com o propósito de o conduzir a um determinado objetivo (Thompson, 1994).

Posto isto, e tendo em conta toda a investigação realizada sobre as FE, será igualmente importante distinguir entre FE “frias” e “quentes” (Zelazo & Müller, 2002). As FE frias referem-se a atividades em que o contexto é visto pelos indivíduos como neutro e onde os mesmos não ativam processos emocionais e afetivos, enquanto as FE quentes relacionam-se com situações emocionais, ou seja, contextos que podem ativar processos de origem afetiva (Zelazo & Carlson, 2012).

1.3. FE e PEA

Nos últimos anos, a investigação científica tem demonstrado que as dificuldades associadas à PEA parecem estar relacionadas com défices em diferentes componentes executivas (Damasio & Maurer, 1978; Hill, 2004). Segundo Damasio e Maurer (1978), a associação entre as FE e a PEA foi realçada a partir da similaridade entre indivíduos com esta perturbação e sujeitos com défices no lobo pré-frontal, visto que os mesmos apresentavam dificuldades ao nível da comunicação social e dos comportamentos repetitivos. Na verdade, indivíduos com PEA podem apresentar alterações em certos domínios executivos, designadamente, no controlo inibitório, na memória de trabalho, na flexibilidade cognitiva, no planeamento, na atenção e na regulação emocional (Geurts et al., 2014).

Alterações no controlo inibitório são frequentes nos indivíduos com PEA, dado que as mesmas podem ser observadas diariamente nas rotinas dos sujeitos através da linguagem, das interações sociais e do comportamento repetitivo (Geurts et al., 2014). Na linguagem, esta dificuldade pode manifestar-se, por exemplo, através da dificuldade em inibir o significado literal de uma expressão (e.g., “estás com a cabeça nas nuvens”) (Geurts et al., 2014). No comportamento repetitivo, o indivíduo apresenta dificuldade em inibir o comportamento mesmo que este seja negativo (Geurts et al., 2014).

Relativamente à memória de trabalho, a investigação indica que indivíduos com PEA apresentam algumas dificuldades neste domínio, visto que pais revelam que estas crianças demonstram alguma dificuldade, por exemplo, em seguir instruções (Geurts et al., 2014). Ao falarmos desta FE na PEA, devemos salientar dois processos distintos, designadamente, a memória de trabalho verbal (processa informações verbais) e a memória de trabalho visuoespacial (processa informações visuais), uma vez que são visíveis alterações em ambos os processos em indivíduos com PEA (Baddeley, 1986; Geurts et al., 2014). Porém, e apesar da maioria dos estudos referir que a memória de trabalho verbal revela mais dificuldades em relação a memória de trabalho visuoespacial, a investigação nos últimos anos tem contrariado esta afirmação, dado que estes argumentam que a memória de trabalho visuoespacial apresenta défices acentuados comparativamente a memória de trabalho verbal, o que poderá justificar a incapacidade das crianças com PEA em realizar instruções dadas pelos pais (Geurts et al., 2014; Wang et al., 2017).

Na flexibilidade cognitiva, as dificuldades são também evidentes em crianças e adolescentes com PEA, visto que os comportamentos estereotipados e repetitivos e os défices nos domínios sociais são sintomas que caracterizam esta perturbação (Geurts et al., 2014). Portanto, as dificuldades dos indivíduos com PEA em dar respostas a eventos inesperados, podem estar relacionadas com a incapacidade dos mesmos em ajustarem o seu comportamento às mudanças de um determinado ambiente (Geurts, et al., 2009).

Segundo Pellicano (2010), o planeamento é também uma FE que se encontra comprometida em indivíduos com PEA, quando comparados com sujeitos de desenvolvimento típico. As dificuldades neste domínio revelam-se, por exemplo, na realização das atividades de rotina diária (e.g., realizar os trabalhos de casa) e ao nível da comunicação e interação social (e.g., dificuldade em manter relações sociais) (Geurts et al., 2014). Desta forma, os défices no planeamento são vistos como um processo complexo de trabalho, na medida em que são necessárias diversas capacidades como a monitorização, a

reavaliação e a atualização para alcançar o desejado desenvolvimento nestes indivíduos (Hill, 2004; Shallice, 1982).

Nos últimos anos, a atenção tem também sido um dos domínios executivos investigado nas dificuldades que as crianças e adolescentes com PEA apresentam. Deste modo, diversos autores defendem que a atenção seletiva é influenciada por certos fatores, como o contexto e a natureza do estímulo (Lovaas, et al., 1979). Assim sendo, os indivíduos com PEA revelam uma seletividade excessiva quando confrontados com interesses restritos (Lovaas et al., 1979). A atenção alternada também apresenta dificuldades nas crianças com PEA, dado que se torna difícil para estas alternar rapidamente o foco entre estímulos (Allen & Courchesne, 2001). Todavia, o mesmo não acontece com a atenção sustentada, visto que esta tipicamente só apresenta dificuldades nas atividades sociais (Allen & Courchesne, 2001).

Relativamente à regulação emocional, a investigação evidencia que as crianças e adolescentes com PEA apresentam dificuldades (Mazefsky et al., 2013). O estudo de Cibralic et al. (2019) revelou que as crianças com PEA utilizam diversas estratégias de regulação emocional, mas também apresentam mais dependência do outro para regular as próprias emoções. Em situações de frustração, as crianças com PEA demonstram uma predisposição para apresentar níveis mais elevados de afetividade negativa, apesar da utilização de estratégias de apoio social para diminuir o afeto negativo (Jahromi et al., 2012). Consequentemente, os adolescentes com esta perturbação evidenciam um aumento de estratégias mal adaptativas (e.g., ruminação, negação e evitamento) (Khor et al., 2014).

Desta maneira, é possível compreender que as FE se encontram relacionadas com as dificuldades características da PEA, sendo assim essencial a promoção de intervenções que atenuem estes défices. Neste âmbito, são vários os autores que sugerem que a Atividade Física (AF) pode ser benéfica nas FE (Diamond, 2015; Erickson, 2019).

1.4. Atividade Física (AF)

A AF é definida pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2020) “*como qualquer movimento corporal produzido por músculos esqueléticos que exija gasto energético*”. Desta forma, a AF refere-se a diversos movimentos que os indivíduos realizam no dia a dia (e.g., atividades de lazer e atividades domésticas) (Hardman & Stensel, 2003; OMS, 2020). No entanto, as formas mais populares de AF nos indivíduos, incluem caminhadas, ciclismo, corrida e desportos em grupo (OMS, 2020).

Segundo Erickson et al. (2019), a AF parece ser uma intervenção benéfica para as funções cognitivas de cada indivíduo. Nas últimas décadas, a investigação científica tem explorado a relação entre AF e FE, dado que são diversos os estudos que revelam melhorias nas FE dos indivíduos após a intervenção com programas de AF (Davis et al., 2011; Colcombe & Kramer, 2003).

Esta relação entre AF e FE pode ser explicada pelo desenvolvimento de alterações neurológicas e microestruturais, dado que os indivíduos durante a AF produzem maiores níveis de *brain-derived neurotrophic factor* (BDNF). Estes fatores neurotróficos são responsáveis pelo aumento de neuroplasticidade no cérebro, ou seja, pela promoção da neuroprotecção e neurodegeneração do cérebro (Barde, 1989)

A primeira hipótese de relação entre as FE e a AF surgiu pelos estudos de Hall et al. (2001) ao evidenciarem que o exercício aeróbico beneficiava as FE em idosos. No seguimento, diversos investigadores nos últimos anos têm revelado que os processos cognitivos, como as FE, beneficiam da prática de AF (Barenberg et al., 2011; Colcombe & Kramer, 2003).

Após o primeiro estudo de AF e FE com idosos, a investigação científica tem também vindo a sugerir que a AF pode ser particularmente benéfica em idades pediátricas, uma vez que as FE evoluem ao longo do desenvolvimento do indivíduo (Anderson, 2002). Deste modo, nos últimos anos são diversos os estudos que tem demonstrado evidência científica de que a AF conduz a melhorias estatisticamente significativas nas FE de crianças (Etnier & Chang, 2009; Hillman et al., 2005). Contudo, nem todos os autores apresentam o mesmo consenso em relação aos benefícios da AF nas FE de crianças (Diamond 2012; Kamijo et al., 2011).

Estes resultados inconsistentes nas FE de crianças podem ser explicados por diversos aspetos, como por exemplo, as características de cada estudo. Por exemplo, Barenberg et al. (2011) referem que um dos aspetos que pode influenciar os resultados das FE relaciona-se com os fatores de duração, intensidade e frequência da prática. Anteriormente, Davis et al. (2007) já tinham evidenciado que para existirem efeitos significativos nas FE de uma criança, a mesma deve participar num programa de AF durante 15 semanas. Diamond e Ling (2016) corroboram esta ideia, dado que estes afirmam que quanto maior for a duração das crianças no programa de AF, maiores serão os benefícios nas FE. No entanto, e apesar dos autores considerarem que a duração da AF é importante, ainda continuam a existir diversas discrepâncias quanto à sua duração, intensidade e frequência (Lambrick, 2016).

Mais ainda, são vários os estudos que investigam os efeitos da AF nos domínios executivos de diversas condições clínicas. Segundo Ludyga et al. (2021) existem evidências experimentais que sugerem que os benefícios da AF nas FE podem ser generalizados às perturbações do neurodesenvolvimento, como a Perturbação de Hiperatividade/Défice de Atenção (PHDA) ou a PEA.

1.5. AF nas FE de crianças e adolescentes com PEA

São vários os investigadores que têm analisado os benefícios das intervenções com AF nas FE de crianças e adolescentes com PEA (Greco & Ronzi, 2020; Nakutin & Gutiérrez, 2019).

O estudo de Bremer et al. (2020) analisou o impacto da AF, durante 45 minutos por semana, no controlo inibitório de crianças com idades entre os 8 e 12 anos. Após a finalização da intervenção com AF, este estudo evidenciou melhorias no controlo inibitório de crianças com PEA (Bremer et al., 2020). Também Greco e Ronzi (2020) investigaram o benefício de um programa de Karaté, durante 12 semanas, nas FE de crianças com idades entre os 8 e 11 anos de idade. Com este programa os autores mostraram os benefícios da AF na memória de trabalho, no controlo inibitório e na flexibilidade cognitiva de crianças com PEA, em comparação com o grupo de controlo em lista de espera (Greco & Ronzi, 2020). Ainda, o estudo de Milajerdri et al. (2021) também investigou a eficácia de um programa de AF tradicional, denominado SPARK (*Sports, Play and Active Recreation for Kids*) nas FE de crianças com PEA, com idades entre os 6 e 10 anos. A intervenção com SPARK apresentou uma duração de 35 minutos, três vezes por semana, ao longo de 8 semanas. Desta forma, e após a intervenção com AF, as crianças com PEA evidenciaram efeitos positivos nas FE, face ao grupo de controlo sem qualquer intervenção (Milajerdri et al., 2021). O estudo de Tse (2020) apresentou uma intervenção com AF de intensidade moderada a vigorosa, com o objetivo de compreender os efeitos da mesma no domínio executivo da regulação emocional. Esta intervenção com AF foi aplicada a crianças entre os 8 e 12 anos de idade, ao longo de 30 minutos, quatro vezes por semana, durante 12 semanas. Tal como no estudo anterior, as crianças com PEA demonstram efeitos positivos na regulação emocional, após a intervenção com AF, em relação ao grupo de controlo passivo (Tse, 2020). Todavia, Nakutin e Gutiérrez (2019) demonstraram em crianças com PEA, que a AF quando praticada durante cerca de 25 minutos, duas vezes por semana, não potenciou qualquer efeito na memória de trabalho e no controlo inibitório.

A investigação tem também analisado esta relação em adolescentes com PEA. Por exemplo, o estudo de Vhavle et al. (2019) investigou a eficácia de um programa de Ioga e de AF regular, durante dois meses, na memória de trabalho, na atenção e nas FE globais em adolescentes com PEA. Após a implementação dos dois tipos de AF, nesta população clínica, foi possível compreender os benefícios na memória de trabalho, na atenção e nas FE a nível global (Vhavle et al., 2019). Mais ainda, Hilton et al. (2019) verificaram efeitos positivos na atenção, no planeamento e nas FE globais em adolescentes com PEA, após a prática de AF durante duas semanas.

A relação entre a AF e as FE de crianças e adolescentes tem também sido estudada em revisões sistemáticas da literatura e meta-análises. A meta-análise de Zhang et al. (2020) e a revisão sistemática de Liang et al. (2022) mostraram que a prática de AF regular traz benefícios no controlo inibitório, na flexibilidade cognitiva e nas FE globais de crianças e adolescentes com PEA. Contudo, estes investigadores salientaram ainda que a AF regular não conduz a qualquer evolução ao nível da memória de trabalho nesta população clínica.

Nas intervenções com AF, os estudos têm dado especial atenção às Artes Marciais, uma vez que a investigação realizada até ao momento tem demonstrado que esta AF parecer ser eficaz em comparação com outros tipos de AF (e.g., educação física) (Diamond, 2012; Lakes & Hoyt, 2004). Greco e Ronzi (2020) salientaram que as Artes Marciais são muito utilizadas em programas de AF, dado que estas são particularmente distintas pelo seu rigor físico, a sua autodisciplina, o trabalho em equipa e a sua duração. Este estudo apresentou benefícios nas FE de crianças com PEA, visto que permitiu a redução de certos comportamentos estereotipados e a melhoria do autocontrolo destas crianças no seu dia a dia (Greco & Ronzi, 2020).

As Artes Marciais não são as únicas intervenções de AF que tem demonstrado um impacto significativo nas FE, dado que os exercícios aeróbicos se têm destacado pela sua eficácia em relação aos exercícios de educação física (Best, 2010; Fedewna & Ahn, 2011). Todavia, nem todos os autores apoiam esta teoria, uma vez que Diamond e Ling (2019) afirmam que os exercícios aeróbicos não apresentam qualquer benefício nas FE, tal como o exercício físico em geral, sendo necessário mais estudos na população clínica, como a PEA.

Tal como evidenciado anteriormente, a intensidade, duração e frequência são aspetos importantes para a compreensão dos efeitos da AF nas FE (Hillman et al., 2019). Em relação à intensidade, o estudo de Chang et al. (2013) revelou que a AF com intensidade moderada ou baixa apresenta benefícios nas FE de crianças. Mais ainda, Scherder et al. (2005)

evidenciaram que qualquer nível de intensidade (alto, moderado, intenso e vigoroso) pode ser utilizado em intervenções com AF para melhorar as FE em crianças. No autismo, o estudo de Tse (2020) apresentou efeitos significativos nas FE das crianças, após uma intervenção com AF moderada e vigorosa.

Relativamente à duração, Masley et al. (2009) evidenciaram que quanto mais longa for a duração das intervenções com AF, maiores serão os benefícios nas FE dos indivíduos. No entanto, o estudo de Davis et al. (2011) defende que uma intervenção de AF que dure em média 40 minutos por sessão, poderá proporcionar maior efeito nas FE de crianças. Nos estudos realizados com PEA, é possível verificar que intervenções de AF com a duração de 30 a 35 minutos por sessão, revelam um impacto positivo nas FE de crianças (Milajendri et al., 2021; Tse, 2020).

No que concerne à frequência, Fedewa e Ahn (2011) demonstraram que em média a AF deve ser praticada três vezes por semana, para evidenciar efeitos significativos nas FE. No autismo, os estudos de Milajendri et al. (2021) e Tse (2020) apresentaram efeitos significativos nas FE após a prática de AF, três e quatro vezes por semana, respetivamente.

Para terminar, importa referir que Diamond e Ling (2016) salientam que apesar da duração, intensidade e frequência serem aspetos importantes na AF para melhorar as FE, esta pode ser temporária, ou seja, pode durar anos ou meses e diminuir por falta de prática, o que acabará por prejudicar o funcionamento normativo do indivíduo. Contudo, a investigação científica não tem demonstrado evidência suficiente sobre a influência destes fatores, nas FE de crianças e adolescentes com PEA.

É de realçar que em termos de intervenção, ainda existem incertezas sobre a melhor forma de trabalhar com esta população clínica, dado que a PEA apresenta uma grande complexidade e heterogeneidade na forma como se manifesta entre os indivíduos (Coelho & Aguiar, 2013). Desta forma, e uma vez que os estudos realizados recentemente criam uma perspetiva positiva relativamente à relação que existe entre AF e as FE em crianças e adolescentes com PEA, a presente revisão sistemática pretende analisar a literatura existente acerca deste tópico. Portanto, este estudo poderá ser útil para a prática profissional com indivíduos com PEA, mas também poderá melhorar a qualidade de vida de crianças e adolescentes com esta perturbação.

2.Método

2.1. Pesquisa

2.1 1. Questão de Investigação

Através da utilização da estratégia PICO (População, Intervenção, Comparação e “Outcomes”), foi construída a questão de investigação da presente revisão sistemática com o objetivo de orientar toda a pesquisa realizada ao longo do estudo, como é possível observar na Tabela 1 (Caldwell & Bennett, 2020). Assim sendo, esta revisão sistemática pretende compreender quais os benefícios da AF nas FE de crianças e adolescentes com PEA, em comparação com outros tipos de intervenção ou grupos de controlo.

Tabela 1

Estrutura PICO (População, Intervenção, Comparação, Resultados)

População	Crianças e Adolescentes com PEA
Intervenção	Atividade Física
Comparação	Outros tipos de intervenção ou grupo de controlo
Resultado	Melhoria de pelo menos um domínio das FE

2.1.2. Base de Dados

A pesquisa de artigos desta revisão sistemática foi realizada entre o mês de outubro e novembro de 2021, com o recurso ao motor de busca da EBSCOhost, onde foram utilizadas as seguintes bases de dados: *APA PsycInfo*, *Academic Search Complete* e *ERIC*.

2.1.3. Termos de Pesquisa

De maneira a responder à questão de investigação colocada inicialmente, e para não limitar os resultados do estudo, foram selecionadas as seguintes palavras-chave: *Autism Spectrum Disorders OR ASD OR Autism OR Aspergers OR Asperger Syndrome AND Executive Function OR Executive Functioning AND Physical Activity OR Exercise OR Fitness OR Physical Exercise OR Sport AND Children OR Adolescent*.

2.1.4. Critérios de Elegibilidade

Relativamente ao processo de elegibilidade dos estudos, a pesquisa foi restringida a artigos científicos revistos por pares, entre os anos de 2010 e 2021. Para além disso, e de

forma a responder à questão de investigação, foram determinados critérios para a inclusão de artigos, nomeadamente: (1) aplicação de intervenções baseadas em AF, (2) intervenções aplicadas a crianças e adolescentes com PEA, entre os 3 e os 18 anos, (3) inclusão de medidas de avaliação referentes a pelo menos um domínio das FE, (4) amostra superior a 15 participantes, e (5) publicações em inglês, espanhol ou português.

Em relação aos critérios de exclusão, foram definidos os seguintes: (1) intervenções direcionadas a outras perturbações, (2) intervenções que não direcionadas a aspetos da AF, (3) revisões, capítulos de livros, dissertações e meta-análises, e (4) artigos que não avaliem pelo menos uma FE.

2.2. Procedimentos

2.2.1. Recolha de Dados

Numa primeira fase, e com o propósito de respeitar os critérios de inclusão/exclusão previamente estabelecidos, a seleção foi feita através da leitura do título e do resumo dos artigos. Posteriormente, a segunda fase incluiu a leitura integral de cada artigo. Este processo foi realizado no software Rayyan (Ouzzani et al., 2016) e realizado por dois avaliadores independentes. O desacordo existente entre os avaliadores, foi resolvido através da análise conjunta de cada artigo. Todo este processo de seleção encontra-se demonstrado no fluxograma PRISMA (Figura 1) (Moher et al., 2009).

2.2.2. Avaliação do risco de viés

A avaliação do risco de viés é considerada uma avaliação importante para a revisão sistemática, visto que a sua avaliação possibilita uma maior compreensão do risco e dos desvios sistemáticos que poderão estar representados naquilo que são os resultados dos estudos (Higgins et al., 2011). Neste estudo, a avaliação do risco de viés foi realizada com recurso a ferramenta de Colaboração Cochrane, onde foi utilizado o RoB 2.0 para estudos randomizados (Higgins et al., 2019) e o ROBINS-I para estudos não randomizados (Sterne et al., 2019).

Deste modo, o RoB 2.0 foi utilizado para avaliar estudos randomizados em cinco domínios, nomeadamente: (1) viés derivado do processo de randomização, (2) viés decorrente de desvios da intervenção pretendida, (3) viés devido à falta de dados de

resultado, (4) viés na medição do resultado, e (5) viés na seleção dos resultados relatados (Higgins et al., 2019).

Por sua vez, o ROBINS-I permitiu a avaliação dos estudos não randomizados em sete domínios, designadamente: (1) viés por *confounding* (i.e., quando a seleção dos participantes na intervenção, é influenciada por fatores de prognóstico), (2) viés devido à seleção dos participantes (i.e., se a seleção dos participantes, pode ter sido influenciada por características que foram observadas após a realização da intervenção), (3) viés na classificação das intervenções (i.e., se os grupos de intervenção foram claramente definidos), (4) viés devido a desvios da intervenção pretendida (i.e., se houve desvios na intervenção), (5) viés devido a dados perdidos (i.e., a existência de exclusão de participantes devido à falta de informação), (6) viés nas medidas de avaliação (i.e., se os informantes estão conceituados com a intervenção), e (7) viés na seleção dos resultados reportados (i.e., quando os autores, escolhem partilhar os resultados que correspondem às hipóteses que estabeleceram) (Sterne et al., 2019).

Contudo, um estudo não randomizado foi avaliado através da ferramenta ROBINS-I (Sterne et al., 2019) de forma informal, dado que o mesmo não incluía um grupo de comparação/controlo, sendo avaliadas as seguintes dimensões: (1) viés por *confounding*, (2) viés devido a seleção dos participantes, (3) viés devido a dados perdidos, (4) viés nas medidas de avaliação e (5) viés na seleção dos resultados reportados.

As Figuras 2, 3, 4 e 5 foram obtidas através da aplicação *Web Robvis*, para representar a avaliação do risco de viés do presente estudo.

2.2.3. Dados Recolhidos

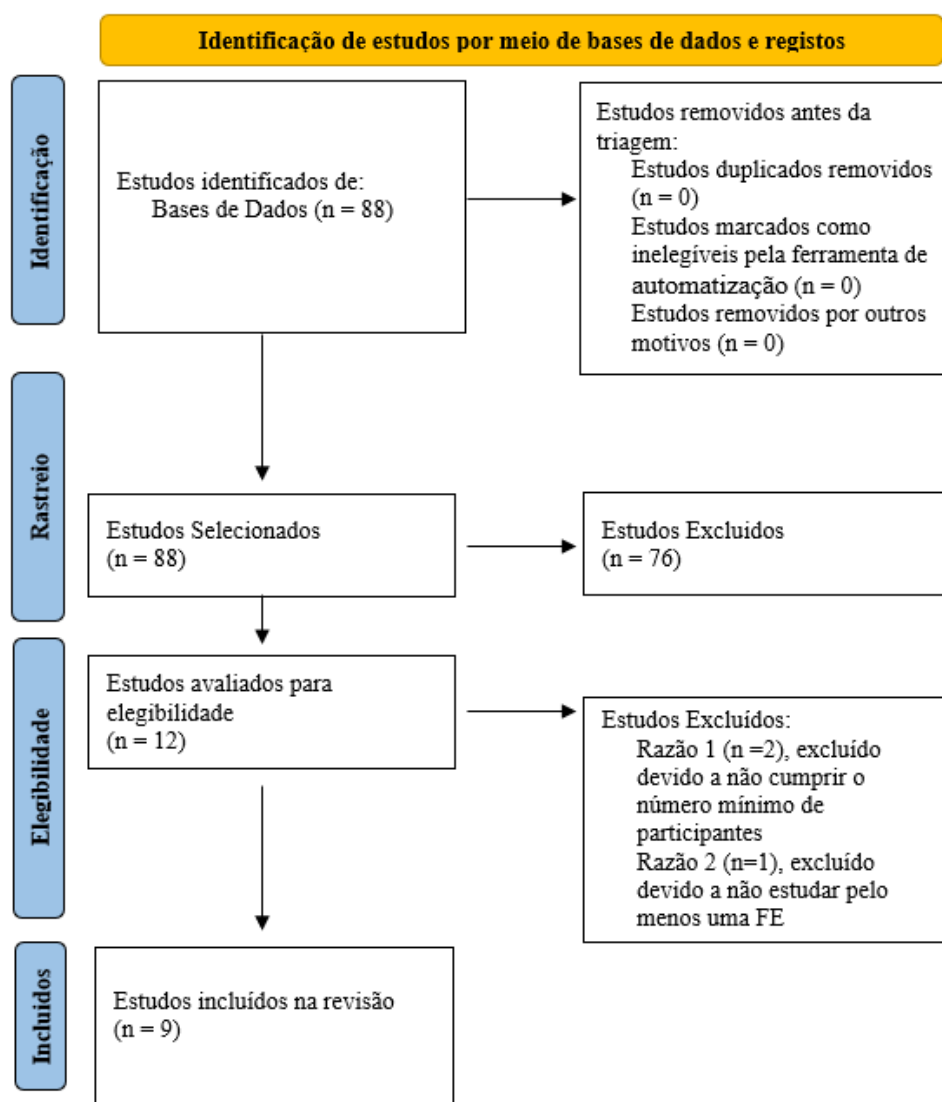
De cada artigo incluído foram retiradas as seguintes informações: (1) o nome dos autores do artigo incluído, (2) o ano do estudo, (3) o país, (4) o método de recolha de dados, (5) a intervenção, (6) os grupos de controlo, (7) a idade dos participantes, (8) a duração e intensidade da intervenção, (9) a FE alvo de intervenção, (10) as medidas de avaliação das FE, (11) o número de participantes no grupo de intervenção (n) e no grupo de controlo (n), (12) o tamanho de efeito e (13) o nível de significância de cada estudo (cf. Tabela 2).

3.Resultados

Inicialmente na base de dados, e tendo em conta o método definido anteriormente, foram obtidos um total de 88 artigos. Estes artigos foram primeiramente analisados através da leitura do título e do resumo, onde foram excluídos 76 artigos por não cumprirem os critérios de inclusão definidos para esta revisão. Numa segunda fase, após a leitura integral dos 12 artigos, três destes foram excluídos. Assim sendo, nesta revisão sistemática foram incluídos um total de 9 artigos tendo em conta os critérios de inclusão/exclusão estabelecidos. Tal como mencionado anteriormente, o processo de seleção dos estudos encontra-se representado no fluxograma PRISMA (Figura 1) (Moher et al., 2009).

Figura 1

Diagrama de Fluxograma PRISMA de Seleção de Estudos



3.1. Características Gerais dos Estudos

A presente revisão sistemática inclui estudos científicos de diversos países, designadamente, Austrália (n=1), China (n=3), Estados Unidos da América (n=1), Itália (n=1), Suíça (n=1), Irão (n=1) e Taiwan (n=1) (cf. Tabela 2). Estes artigos foram publicados entre o ano de 2016 e 2021, sendo que cinco estudos foram publicados entre 2016 e 2019 e quatro entre o ano de 2020 e 2021 (cf. Tabela 2).

A idade dos participantes variou entre os 3 e os 18 anos de idade, sendo que a maior parte dos estudos incluiu crianças entre os 6 e os 12 anos. Relativamente ao tamanho das amostras, é visível que os grupos de intervenção variaram de 11 a 174 participantes e os grupos de controlo oscilaram entre os 11 e os 202 participantes (cf. Tabela 2).

Esta revisão sistemática incluiu estudos randomizados e não randomizados, sendo que dos nove estudos incluídos, seis implementaram *randomized controlled trials* (RCTs), e os restantes estudos apresentaram um desenho experimental não randomizado (cf. Tabela 2).

Tal como representado na tabela 2, os participantes foram divididos em dois grupos (intervenção vs. controlo). Os grupos de controlo apresentados nos estudos são maioritariamente grupos de controlo em lista de espera e sem intervenção (cf. Tabela 2).

3.1.1. Risco de Viés

A análise do risco de viés e o resumo dos domínios avaliados em cada estudo randomizado e não randomizado, encontra-se representada nas Figuras 2, 3, 4 e 5. Dois estudos randomizados apresentaram um reduzido risco de enviesamento (Pan et al., 2017; Phung & Goldberg, 2019), enquanto um estudo randomizado revelou algumas preocupações no risco de viés (Tse et al., 2019). Todavia, os restantes três estudos randomizados revelaram um elevado risco de viés (Borgi et al., 2016; Tanksale et al., 2021; Tse et al., 2021), dado que os mesmos apresentavam um enviesamento em dois domínios específicos (desvios da intervenção pretendida e medição dos resultados). Por sua vez, os estudos não randomizados apresentaram um elevado risco de viés (Ludyga et al., 2021; Wang et al., 2021), devido à falta de informação e influência em determinados domínios de avaliação (na classificação das intervenções e no viés devido a dados perdidos). A avaliação informal do estudo de Memari et al. (2017) evidenciou um reduzido risco para os domínios de viés por *confounding*, viés devido a seleção dos participantes, viés devido a dados perdidos e viés na seleção dos resultados reportados, sendo que o domínio de viés de medição dos resultados foi o único a revelar algumas preocupações.

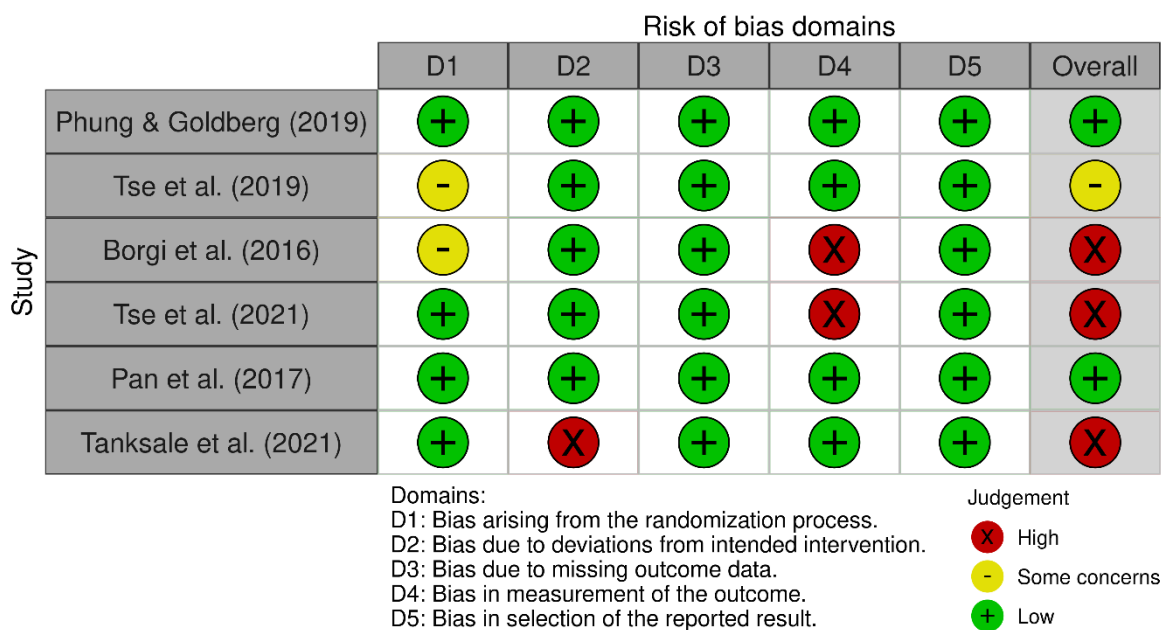
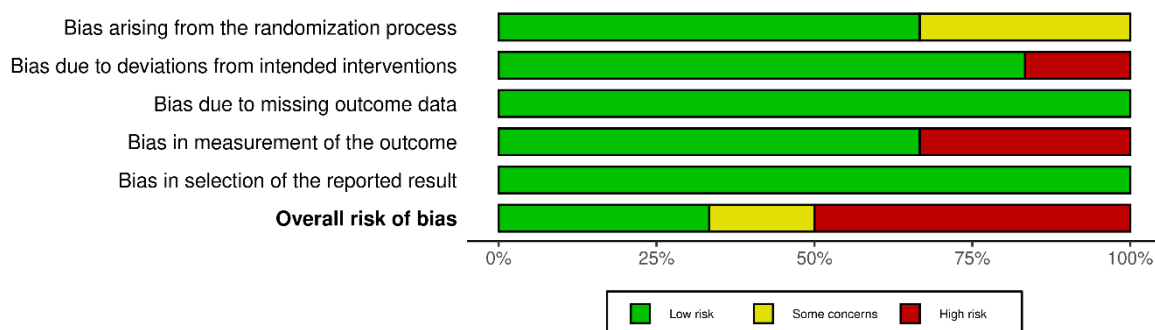
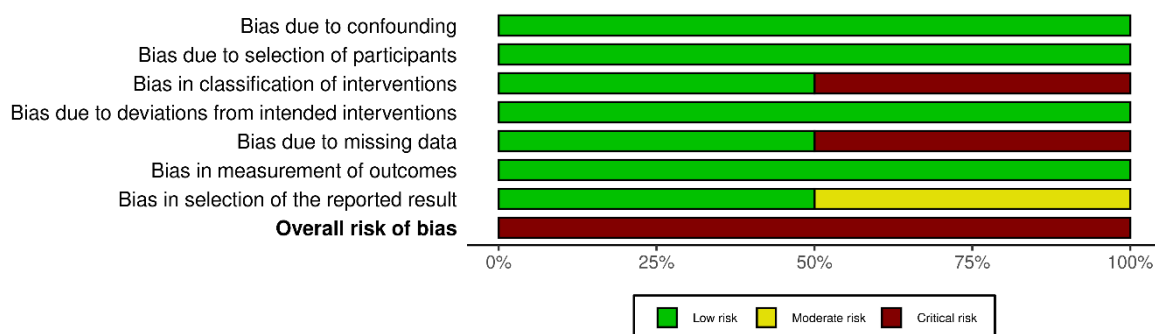
Figura 2*Risco de Viés dos Estudos Randomizados (RoB2.0)***Figura 3***Resumo do Risco de Viés de Estudos Randomizados (RoB2.0)*

Figura 4*Risco de Viés de Estudos Não Randomizados (ROBINS-I)*

		Risk of bias domains						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Study	Wang et al. (2020)	+	+	!	+	+	+	-
	Ludyga et al. (2021)	+	+	+	+	!	+	+

Domains:
D1: Bias due to confounding.
D2: Bias due to selection of participants.
D3: Bias in classification of interventions.
D4: Bias due to deviations from intended interventions.
D5: Bias due to missing data.
D6: Bias in measurement of outcomes.
D7: Bias in selection of the reported result.

Judgement
! Critical
- Moderate
+ Low

Figura 5*Resumo do Risco de Viés de Estudos Não Randomizados (ROBINS-I)*

3.1.2. Tipo de AF

Os estudos aplicaram diversas atividades, como as artes marciais mistas (Phung & Goldberg, 2019), o exercício aeróbico (Tanksale et al., 2021), exercícios de força muscular (Ludyga et al., 2021), exercícios de AF regular (Memari et al., 2017), basquetebol (Tse et al., 2019), minibasquetebol (Wang et al., 2020), equitação terapêutica (Borgi et al., 2016), ciclismo (Tse et al., 2021) e tênis de mesa (Pan et al., 2017).

As intervenções foram majoritariamente aplicadas em contextos adequados à prática da atividade física específica, nomeadamente, em contexto escolar (Tse et al., 2019; Tse et al., 2021; Wang et al., 2020), familiar (Memari et al., 2017), universitário (Pan et al., 2017; Tanksale et al., 2021), em laboratório (Ludyga et al., 2021) e nos contextos de artes marciais e de equitação terapêutica (Borgi et al., 2016; Phung & Goldberg, 2019).

3.1.3. Duração das Intervenções com AF

A duração, intensidade e frequência das intervenções variou entre 40 e 70 minutos por sessão, no espaço de 2 semanas a 6 meses, reunindo-se em média duas a cinco vezes por semana. A maioria das intervenções aplicou sessões de 45 minutos, duas vezes por semana, durante 12 semanas (cf. Tabela 2).

3.1.4. Medidas de Avaliação das FE

Os estudos incluídos nesta revisão sistemática utilizaram diversas medidas para avaliar as FE das crianças e adolescentes com PEA (cf. Tabela 2). Estas medidas de avaliação podem ser distinguidas em duas categorias, nomeadamente, as medidas neuropsicológicas baseadas no desempenho e os questionários/inventários comportamentais.

Sete estudos utilizaram medidas neuropsicológicas para avaliar as FE, nomeadamente: (1) *Go/No-Go Task* (GNG), (2) *Corsi Block Tapping Task* (CBTT), (3) *Forward Digit Span Test* (FDS), (4) *Backward Digit Span Test* (BDS), (5) *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST), (6) *Stroop Color and Word Test* (SCWT), (7) *Tower of London* (TOL) (8) *List Sorting*, (9) *Dimensional Change Card Sorting*, (10) *Flanker Task*, e (11) *Hearts e Flowers Test* (cf. Tabela 2).

Por sua vez, três estudos aplicaram questionários/inventários comportamentais, designadamente: (1) *Behavior Rating Inventory of Executive Function* (BRIEF), (2) *Behavior Rating Inventory of Executive Function-2ªed.* (BRIEF-2), e (3) *Childhood Executive Functioning Inventory* (CHEXI) (cf. Tabela 2).

3.1.5. Alvos de Intervenções nas FE

É possível verificar que quatro dos nove estudos incluídos avaliaram os efeitos da AF no controlo inibitório e na memória de trabalho (Phung & Goldberg, 2019; Tse et al., 2019; Tse et al., 2021; Wang et al., 2020). Além disso, Memari et al. (2017), Phung e Goldberg (2019) e Tse et al. (2021) definiram como alvo de intervenção a flexibilidade cognitiva. Foi ainda avaliado o planeamento em dois estudos (Borgi et al., 2016; Tse et al., 2021) e a regulação emocional em dois estudos (Phung & Goldberg, 2019; Wang et al., 2020). Por fim, Ludyga et al. (2021), Pan et al. (2017) e Tanksale et al. (2021) apresentaram como alvo de intervenção as FE globais, ou seja, avaliaram este construto de forma unitária.

Tabela 2

Resumo das Características dos Estudos Incluídos

Autores	Ano	País	Método	Intervenção	Grupo de Controlo	Idade	Duração e Intensidade	Função Executiva (FE)	Medidas de avaliação das FE	Intervenção (n)	Controlo (n)	Valor do Tamanho de efeito	Valor de p
Phung e Goldberg	2019	Estados Unidos da América	RCT	Artes Marciais Mistas	Grupo de Controlo em Lista de Espera	8-11 anos	26x45 min de sessões (13 semanas)	Flexibilidade Cognitiva, Memória de Trabalho, Controlo Inibitório e Regulação Emocional	Teste Hearts & Flowers; BRIEF-2	14	20	Teste Hearts & Flowers: Bloco congruente (d = 0.83)	Teste Hearts & Flowers: p < 0.05 BRIEF-2: p > 0.05
												Bloco incongruente (d = 2.17) Bloco misto (d = 1.01) BRIEF-2: d = 0.88	
Tse et al.	2019	China	RCT	Aprendizagem de Basquetebol	Sem Intervenção	8-12 anos	24x45 min de sessões (12 semanas)	Controlo Inibitório e Memória de Trabalho	GNG; CBTT; FDS; BDS	19	21	N/A	GNG: p = 0.02 CBTT: p = 0.32 FDS: p = 0.15 BDS: p = 0.39
Wang et al.	2020	China	Não Randomizado	Programa de Formação de Minibasquetebol	Sem Intervenção	3-6 anos	60x40 min de sessões (12 semanas)	Memória de Trabalho, Controlo Inibitório e	CHEXI	18	15	CHEXI: Controlo Inibitório: d = 0.32	CHEXI: p <0.05

								Regulação Emocional					Memória de Trabalho: $d = 0.27$ Regulação Emocional: $d = 0.36$	
Borgi et al.	2016	Itália	RCT	Programa de Equitação Terapêutica	Grupo de Controlo em Lista de Espera	6-12 anos	25x60 min de sessões (6 meses)	Planeamento	TOL	15	13	N/A	TOL: $p = 0.02$	
												Aprender a Andar de Bicicleta: GNG: $d = 0.22$ CBTT: $d = 0.24$ FDS: $d = 0.13$ BDS: $d = 0.24$ SCWT: $d = 0.33$ TOL: $d = 0.45$	Aprender a Andar de Bicicleta: GNG: $p = 0.02$ CBTT: $p = 0.01$ BDS: $p < 0.05$ FDS: $p > 0.05$ SCWT: $p = 0.02$ TOL: $p < 0.001$	
Tse et al.	2021	China	RCT	Programa de Ciclismo	Sem Intervenção	8-12 anos	10x60 minutos de sessões (2 semanas)	Planeamento, Memória de Trabalho, Flexibilidade Cognitiva e Controlo Inibitório	TOL, CBTT, FDS, BDS, SCWT e GNG	Aprender a andar de bicicleta (n=22) e Ciclismo Estacionário (n=20)	20	Ciclismo Estacionário: GNG: $d = 0.06$	Ciclismo Estacionário: GNG: $p > 0.05$	

												CBTT: $d = 0.07$	CBTT: $p = 0.004$
												FDS: $d = 0.15$	FDS: $p > 0.05$
												BDS: $d = 0.17$	BDS: $p > 0.05$
												SCWT: $d = 0.10$	SCWT: $p > 0.05$
												TOL: $d = 0.01$	TOL: $p > 0.05$
									List Sorting; Flanker Task; Dimensional Change Card Sorting				
Ludyga et al.	2021	Suíça	Não Randomizado	Força Muscular	Grupo de Controlo em Lista de Espera	5-18 anos	N/A	Funções Executivas Globais		Força Muscular (n=174)	Pares Saudáveis (n=202)	$\beta = 0.23$	$p = 0.02$
													WCST: Atividade Física: $p = 0.001$
													Atividade Sedentária: $p = 0.002$
													Atividade Física em 5 min: $p = 0.002$
Memari et al.	2017	Irão	Não Randomizado	Atividade Física	N/A	6-16 anos	N/A	Flexibilidade Cognitiva	WCST	68	N/A	N/A	

													WCST: Fase I- Total Correto: $\eta^2 = 0.19$ Total de respostas perseverantes: $\eta^2 = 0.14$ Nível conceitual: $\eta^2 = 0.28$ Fase II- Total Correto: $d = 1.02$ Nível Conceitual: $d = 1.25$	
Pan et al.	2017	Taiwan	RCT	Tênis de Mesa	Grupo de Controlo em Lista de Espera	6-12 anos	24x70 min de sessões (12 semanas)	Funções Executivas Globais	WCST	11	11		WCST: Fase I: $p < 0.01$ Fase II: $p < 0.01$	
Tanksale et al.	2021	Austrália	RCT	Ioga	Grupo de Controlo em Lista de Espera	8-12 anos	6x60 min de sessões (6 semanas)	Funções Executivas Globais	BRIEF	31	30	BRIEF: Pós- Intervenção: $d = -0.39$ Follow-up: $d = -0.59$	BRIEF: Pós- Intervenção: $p = 0.05$ Follow-up: $p = 0.02$	

Legenda:

RCT- Randomized Controlled Trial; N/A- Não Abordado; BRIEF-2- Behavior Rating Inventory of Executive Function-2nd; GNG- Tarefa Go/ No Go; CBTT- Corsi Block Tapping Task; FDS- Forward Digit Span Test; BDS- Backward Digit Span Test; CHEXI- Childhood Executive Functioning Inventory; TOL- Tower of London; SCWT- Stroop Color and Word Test; WCST- Wisconsin Card Sorting Test; BRIEF- Behavior Rating Inventory of Executive Function.

3.2. Efeitos das Intervenções

Após a análise dos efeitos das intervenções com AF nas FE, é possível evidenciar que 100% dos estudos que avaliaram o controlo inibitório, flexibilidade cognitiva, planeamento e FE globais mostraram efeitos significativos. Relativamente aos estudos que avaliaram a memória de trabalho, apenas 75% apresentaram benefícios. Para terminar, nos estudos que estudaram a regulação emocional, apenas 50% revelaram melhorias significativas.

3.2.1. Controlo Inibitório

O controlo inibitório foi uma das FE mais estudadas na presente revisão sistemática, dado que dos quatro estudos que analisaram esta FE todos apresentaram melhorias significativas (Phung & Goldberg, 2019; Tse et al., 2019; Tse et al., 2021; Wang et al., 2020).

O estudo de Phung e Goldberg (2019) utilizou como intervenção artes marciais mistas, sendo que estas foram implementadas na própria academia de artes marciais. O estudo avaliou os efeitos desta intervenção em duas fases distintas (pré vs. pós-avaliação). As sessões de intervenção encontravam-se divididas em quatro momentos, sendo estes a saudação (5 minutos), o aquecimento (15 minutos), a prática de artes marciais mistas (20 minutos) e o relaxamento (5 minutos). Os efeitos no controlo inibitório foram verificados através dos resultados significativos no Teste *Hearts e Flowers* (cf. Tabela 2).

Também o estudo de Tse et al. (2019) realizou uma intervenção baseada em basquetebol, com o intuito de avaliar o impacto da AF no controlo inibitório. Esta intervenção foi aplicada em contexto escolar. Os efeitos desta intervenção foram avaliados em duas fases (*baseline* e pós-intervenção). As sessões de intervenção encontravam-se divididas em três momentos distintos, designadamente, o aquecimento (5 minutos), a aprendizagem da modalidade (30 minutos) e o relaxamento (5 minutos). No final da intervenção, os efeitos revelaram-se significativos através da medida neuropsicológica GNG (cf. Tabela 2).

O mesmo domínio executivo, foi investigado por Tse et al. (2021) através da aplicação de um programa de ciclismo em dois grupos de intervenção distintos (aprender a andar de bicicleta e ciclismo estacionário). Tal como no estudo anterior, esta intervenção foi aplicada em contexto escolar, sendo avaliada em dois momentos (pré vs. pós-intervenção). As sessões deste programa foram realizadas através de três atividades: o

aquecimento (10 minutos), o treino com bicicleta (40 minutos) e o relaxamento (10 minutos). Após a intervenção, esta FE demonstrou melhorias significativas no grupo que aprendeu a andar de bicicleta, através da medida neuropsicológica GNG (cf. Tabela 2).

O estudo de Wang et al. (2020) desenvolveu um programa de aprendizagem de minibasquetebol, que foi implementado no contexto escolar de crianças com PEA. Tal como nos estudos anteriores, esta intervenção foi avaliada em duas fases distintas (*baseline* e pós-intervenção). Esta intervenção foi aplicada ao grupo experimental em quatro atividades diferentes, sendo estas o aquecimento (5 minutos), a aprendizagem de basquetebol (20 minutos), os jogos de basquetebol (10 minutos) e o relaxamento (5 minutos). Esta FE revelou efeitos significativos após a administração do inventário de CHEXI aos pais (cf. Tabela 2).

3.2.2. Memória de Trabalho

A memória de trabalho é uma FE que apresentou alguma controvérsia entre as intervenções com AF, dado que dos quatro estudos apenas três apresentaram melhorias significativas (Phung & Goldberg, 2019; Tse et al., 2019; Tse et al., 2021; Wang et al., 2020).

O estudo de Phung e Goldberg (2019) investigou a memória de trabalho através da realização de uma intervenção com artes marciais mistas. Tal como na FE anterior, a memória de trabalho evidenciou resultados significativos no Teste *Hearts e Flowers* (cf. Tabela 2).

A mesma FE foi investigada no estudo de Tse et al. (2021) com a aplicação de um programa de ciclismo. Nesta intervenção, o grupo que aprendeu a andar de bicicleta revelou efeitos positivos na memória de trabalho através das medidas de avaliação neuropsicológicas CBTT e FDS (cf. Tabela 2).

Também o estudo de Wang et al. (2020) avaliou esta FE na sua intervenção com o programa de minibasquetebol. A memória de trabalho apresentou resultados significativos, após a administração do inventário de CHEXI aos progenitores das crianças com PEA (cf. Tabela 2).

Por fim, o estudo de Tse et al. (2019) também estudou a memória de trabalho através de uma intervenção de basquetebol. Contudo, esta investigação não evidenciou resultados significativos nesta FE, após a avaliação realizada com recurso às medidas neuropsicológicas CBTT, BDS e FDS (cf. Tabela 2).

3.2.3. Flexibilidade Cognitiva

Em relação à flexibilidade cognitiva, é possível perceber que três estudos apresentaram melhorias significativas na presente revisão sistemática (Memari et al., 2017; Phung & Goldberg, 2019; Tse et al., 2021).

Tal como nas FE anteriores, o estudo de Phung e Goldberg (2019) utilizou a intervenção com artes marciais mistas para avaliar a flexibilidade cognitiva. Este domínio executivo evidenciou melhorias significativas após a avaliação do Teste *Hearts e Flowers* (cf. Tabela 2).

Por sua vez, o estudo de Tse et al. (2021), também estudou a flexibilidade cognitiva através da utilização de um programa de ciclismo. Assim sendo, foi aplicado às crianças com PEA a medida neuropsicológica SCWT, que revelou efeitos positivos na flexibilidade cognitiva no grupo que aprendeu a andar de bicicleta (cf. Tabela 2).

Para terminar, a investigação de Memari et al. (2017) realizou uma intervenção com AF, que foi apenas realizada em contexto familiar. Ao contrário dos estudos anteriores, esta intervenção não foi avaliada em duas fases diferentes. Esta intervenção de AF foi avaliada em três níveis de atividade, nomeadamente, na atividade física moderada e vigorosa (AFMV), na atividade sedentária e na AFMV realizada em sessões de cinco minutos. A avaliação da FE foi realizada com recurso a uma medida neuropsicológica (WCST) nos três níveis de intervenção, onde foram evidenciados resultados estatisticamente significativos (cf. Tabela 2).

3.2.4. Planeamento

Relativamente ao planeamento, a presente revisão sistemática evidencia que apenas dois estudos revelaram melhorias significativas após a intervenção com programas de AF (Borgi et al., 2016; Tse et al., 2021).

Tal como nos domínios executivos descritos anteriormente, o estudo de Tse et al. (2021) analisou o planeamento através da utilização de um programa de ciclismo. Esta FE evidenciou resultados significativos no grupo que aprendeu a andar de bicicleta, com recurso à medida de avaliação neuropsicológica TOL (cf. Tabela 2).

Também o estudo de Borgi et al. (2016) realizou uma intervenção baseada num programa de equitação terapêutica, que foi implementado na própria academia de equitação. Tal como a maioria dos estudos, a intervenção foi avaliada em duas fases (*baseline* e pós-intervenção). As sessões de intervenção encontravam-se divididas em três

momentos, sendo estes a prática no solo (20 minutos de preparação e 10 minutos de caminhada com o cavalo), a cavalgada (20 a 30 minutos) e a fase final no solo (10 minutos). Após a intervenção, foi possível observar efeitos significativos no planeamento através da medida de avaliação neuropsicológica TOL (cf. Tabela 2).

3.2.5. Regulação Emocional

Relativamente à regulação emocional, é possível perceber que dois estudos estudaram esta FE, no entanto apenas um revelou efeitos significativos (Phung & Goldberg, 2019; Wang et al., 2020).

O estudo de Wang et al. (2020) avaliou a regulação emocional através da implementação de um programa de aprendizagem de minibasquetebol. Esta FE evidenciou resultados estatisticamente significativos no inventário de CHEXI, que foi administrado aos pais das crianças com PEA (cf. Tabela 2).

O mesmo domínio executivo, também foi investigado pelo estudo de Phung e Goldberg (2019) através da intervenção realizada com artes marciais mistas. Após a intervenção, a regulação emocional não revelou efeitos significativos no inventário de BRIEF-2 (cf. Tabela 2).

3.2.6. FE Globais

As FE Globais foram as mais estudadas nesta revisão sistemática, visto que três estudos revelaram efeitos significativos nas intervenções com AF (Ludyga et al., 2021; Pan et al., 2017; Tanksale et al., 2021).

O estudo de Ludyga et al. (2021), realizou uma intervenção baseada em diversos exercícios de força muscular, sendo este programa implementado em contexto laboratorial. Este estudo avaliou os efeitos desta AF em duas fases distintas (pré vs. pós-intervenção). As sessões de intervenção consistiram em exercícios de força muscular, nomeadamente, flexões, abdominais e levantamento de tronco. Com isto, as FE globais evidenciaram efeitos positivos através das medidas neuropsicológicas (*List Sorting*, *Dimensional Change Card Sorting* e *Flanker Task*) (cf. Tabela 2).

Da mesma forma, o estudo de Pan et al. (2017) realizou uma intervenção de ténis de mesa, com o objetivo de compreender os efeitos nas FE globais. Esta intervenção foi aplicada em contexto universitário. A intervenção foi constituída por duas fases distintas, sendo esta a Fase I (*baseline*, pós-intervenção e *follow-up*) e a Fase II (*baseline* e pós-

intervenção). As sessões de intervenção encontravam-se divididas em cinco momentos distintos, designadamente, no aquecimento (5 minutos), nas competências motoras (20 minutos), nas FE (20 minutos), nos jogos em grupo (20 minutos) e no relaxamento (5 minutos). As FE globais revelaram resultados estatisticamente significativos na medida de avaliação neuropsicológica WCST (cf. Tabela 2).

Para terminar, o estudo de Tanksale et al. (2021) implementou uma intervenção com exercício aeróbico, mais precisamente o ioga. Tal como no estudo anterior, a intervenção foi aplicada em contexto universitário. Esta intervenção foi avaliada em duas fases distintas (*baseline* e pós-intervenção). Durante cada sessão de intervenção, o grupo dedicou-se a aprender posturas centradas na respiração, e formas conscientes das sensações corporais, emoções e pensamentos. No final da intervenção, as crianças com PEA revelaram efeitos significativos nas FE globais, através da administração do inventário BRIEF (cf. Tabela 2).

4. Discussão

A presente revisão sistemática teve como principal objetivo analisar os resultados das intervenções de AF nas FE em crianças e adolescentes com PEA, para assim, ser possível compreender quais os benefícios que a AF pode trazer a esta população clínica. Portanto, neste estudo pretendeu-se recolher e sintetizar literatura sobre esta temática, identificar eventuais lacunas que possam ter existido na investigação, e fornecer recomendações para a realização de futuros estudos. Assim sendo, inicialmente foram identificados um total de 88 artigos neste estudo, sendo que foram incluídos nesta revisão sistemática um total de 9 artigos.

De uma forma geral, importa realçar que o controlo inibitório, a flexibilidade cognitiva, o planeamento e as FE globais revelaram resultados congruentes com a evidência científica, contrariamente a memória de trabalho e a regulação emocional que não apresentaram uma relação entre a AF e a promoção das FE, discordando da maioria da investigação atual. Estes resultados podem ser justificados pelo tipo de intervenção de AF mais utilizada, sendo estes exercícios ligados as modalidades mais motivacionais (e.g., basquetebol e artes marciais).

4.1. Controlo Inibitório

Os estudos analisados nesta revisão sistemática evidenciaram uma relação entre a AF e a promoção do controlo inibitório em crianças com PEA.

Os dados apresentados são consistentes com a investigação científica, uma vez que os estudos realizados por Greco e Ronzi (2020) e Bremer et al. (2020), evidenciaram a existência de benefícios da AF no controlo inibitório de crianças com PEA. Mais ainda, as meta-análises realizadas recentemente por Liang et al. (2022) e Zhang et al. (2020) também revelaram resultados estatisticamente significativos no controlo inibitório desta população clínica. Todavia, um estudo realizado por Nakutin e Gutiérrez (2019) apresentaram resultados opostos nesta FE, dado que o mesmo não apresentou melhorias significativas em crianças com PEA. Ao analisar este estudo é possível verificar que o mesmo pode ter sido influenciado por certos fatores, nomeadamente, o tamanho de amostra que se apresentou reduzido, bem como pelo período de duração da intervenção.

Desta forma, os estudos analisados são consistentes com a teoria de que as crianças quando praticam AF apresentam melhorias nas FE, mais especificamente no controlo inibitório, dado que após a intervenção os níveis de BDNF potenciam os

neurotransmissores (dopamina, serotonina e norepinefrina) no córtex pré-frontal, visto que estes são responsáveis pelo funcionamento das FE (Latomme et al., 2022). Apesar desta teoria ser clara em diversas perturbações de neurodesenvolvimento, como é o caso da PHDA, as evidências não são ainda claras ao nível da PEA, sendo necessárias mais investigações que expliquem a influência da AF nos níveis de BDNF no controlo inibitório de crianças com PEA (Chan et al., 2022; Ji et al., 2022).

4.2. Memória de Trabalho

Na memória de trabalho, os estudos incluídos apresentaram diferentes resultados nas crianças com PEA, dado que apesar da maioria dos estudos ter evidenciado que a AF apresenta efeitos positivos nesta FE, um estudo não revelou qualquer nível significativo.

Os resultados apresentados nesta revisão sistemática eram esperados ao nível da memória de trabalho, dado que a evidência científica já apresentava resultados diferenciados em relação a esta temática. Posto isto, a maioria dos dados apresentados evidencia os mesmos resultados dos estudos de Greco e Ronzi (2020) e Vhavle et al. (2019), dado que estes revelam que intervenções com AF promovem uma relação com a memória de trabalho em crianças e adolescentes com PEA.

Deste modo, a maioria dos resultados incluídos podem ser sustentados pelo facto da AF potenciar os níveis de BDNF, dado que estes fatores neurotróficos se expressam em diversas áreas envolvidas com a memória de trabalho, nomeadamente o hipocampo (Ma, 2008; Palasz, et al., 2020). Assim sendo, esta teoria pode ser corroborada pela investigação de Ji et al. (2022), que evidencia que a AF pode promover o BDNF, e assim aumentar a capacidade executiva das crianças com PEA (Feng et al., 2021).

Contudo, a maioria da investigação realizada nesta temática revela que a memória de trabalho nas crianças com PEA não beneficia de qualquer efeito significativo. Assim sendo, os resultados do estudo de Tse et al. (2019) incluído nesta revisão, apresentam consistência com as meta-análises de Liang et al. (2022) e Zhang et al. (2020) que revelam que a memória de trabalho não apresenta qualquer resultado significativo após qualquer intervenção com AF. Também o estudo de Nakutini e Gutiérrez (2019), evidenciado anteriormente, demonstra não apresentar benefícios significativos nesta FE em crianças com PEA. Apesar de estes resultados já serem esperados pela evidência científica, a memória de trabalho pode não ter apresentado benefícios nesta revisão devido a certas limitações, nomeadamente, o tamanho de amostra que se apresentava reduzido, e a

intervenção com AF, dado que as instruções e orientações dadas durante a prática da atividade, revelaram-se simples para as crianças com PEA.

4.3. Flexibilidade Cognitiva

A flexibilidade cognitiva neste estudo, evidenciou uma relação positiva nas crianças e adolescentes com PEA após a prática de AF. Os dados apresentados em relação à flexibilidade cognitiva eram esperados no presente estudo, visto que a maioria da investigação científica revela que a AF promove esta FE. Assim sendo, o estudo de Greco e Ronzi (2020) evidência que a sua intervenção com artes marciais promove efeitos significativos na flexibilidade cognitiva de crianças e adolescentes com PEA. Mais ainda, as meta-análises de Liang et al. (2022) e Zhang et al. (2020) revelam que a AF regular beneficia a flexibilidade cognitiva nas crianças e adolescentes com PEA.

Os resultados evidenciados nesta FE parecem ser sustentados pela investigação de Ji et al. (2022), que defende que tal como em outras perturbações, a AF pode promover os níveis BDNF nas funções executivas, como a flexibilidade cognitiva, em crianças e adolescentes com PEA (Feng et al., 2021).

4.4. Planeamento

Relativamente ao planeamento, os dois estudos presentes nesta revisão apresentaram melhorias significativas em crianças com PEA. Os dados apresentados pelo planeamento neste estudo são consistentes com a investigação científica, dado que o estudo de Hilton et al. (2020) revela que a AF promove resultados significativos no planeamento de adolescentes com PEA.

Neste domínio executivo, não existem evidências científicas que afirmem que os resultados apresentados vão de encontro a teoria de que a AF pode promover os níveis de BDNF nas FE de crianças com PEA. Portanto, torna-se cada vez mais relevante compreender a forma como a AF influencia esta FE nesta população clínica

4.5. Regulação Emocional

Na regulação emocional, os estudos incluídos apresentaram resultados distintos nas crianças com PEA, dado que de dois estudos apenas um revelou melhorias significativas.

Os resultados apresentados por Phung e Goldberg (2019) não eram esperados nesta revisão, dado que a investigação científica revelava que a AF promovia efeitos significativos na regulação emocional de crianças com PEA. Contudo, este estudo pode ter apresentado estes resultados devido a determinadas limitações metodológicas, designadamente, a medida de avaliação neuropsicológica utilizada, visto que a mesma foi administrada exclusivamente aos pais.

Todavia, o estudo que evidenciou efeitos positivos na regulação emocional, apresentou consistência com a investigação científica, visto que Tse (2020) revelou que esta FE apresentava melhorias significativas após a prática de AF.

A investigação científica não apresenta qualquer evidência que afirme que a AF pode promover os níveis de BDNF na regulação emocional de crianças com PEA. Ao contrário daquilo que acontece ao nível da perturbação depressiva, em que a AF potencia estes fatores neurotróficos na regulação emocional de crianças (Murawska-Ciałowicz et al., 2021).

4.6. FE Globais

Os estudos analisados nesta revisão revelaram que a AF promove benefícios nas FE globais de crianças e adolescentes com PEA. Os dados evidenciados pelos estudos incluídos são consistentes com a investigação científica, uma vez que o estudo realizado por Milajerdro et al. (2021) apresentou resultados estatisticamente significativos nas FE de crianças com PEA após a sua intervenção com AF. Também os estudos de Hilton et al. (2019) e Vhavle et al. (2019) revelaram que a AF promove as FE globais nos adolescentes com PEA.

Desta forma, os resultados evidenciados demonstram que a AF pode promover os níveis de BDNF e gerar benefícios nas FE de crianças e adolescentes com PEA, dado que a investigação de Ji et al. (2022) demonstrou que as FE melhoraram após seis semanas de intervenção com AF.

4.7. Tipos de Intervenções com AF

Nos últimos anos, a investigação científica tem utilizado diversos programas de AF, com o objetivo de compreender as intervenções que estimulam e potenciam melhorias significativas nas FE das diversas condições clínicas.

A análise dos estudos incluídos relataram a existência de benefícios nas FE de crianças com PEA, após intervenções com artes marciais mistas. Estes dados são consistentes com a teoria de Lakes e Hoyt (2004) que evidenciaram que o taekwondo, uma arte marcial, apresentava benefícios nas principais FE, em relação as crianças que praticavam apenas educação física. O mesmo resultado foi evidenciado pelo estudo de Greco e Ronzi (2020), através da sua intervenção com artes marciais que revelou efeitos significativos nas FE de crianças com PEA.

Contudo, os estudos incluídos também evidenciaram que a intervenção com exercícios aeróbicos, mais especificamente o ioga, revela efeitos significativos nas FE de crianças com PEA. Desta forma, os dados da revisão são congruentes com a meta-análise de Fedewa e Ahn (2011), uma vez que estes demonstram que os exercícios aeróbicos promovem resultados mais significativos em relação à educação física em geral.

Posto isto, os resultados apresentados sobre o tipo de AF são consistentes com a investigação de Hung et al. (2018), que evidencia que intervenções com AF que exigem mais atenção e mudança (e.g., badminton) aumentam os níveis de BDNF, fatores responsáveis pela produção de dopamina na AF, em relação as intervenções que não exigem tantas competências cognitivas (e.g., corrida).

4.8. Duração, Intensidade e Frequência das Intervenções com AF

Segundo De Assis et al. (2018) o aumento do BDNF parece apresentar uma relação com a quantidade de exercício realizado ao longo de cada intervenção (intensidade, duração e frequência).

Relativamente à intensidade, os estudos analisados nesta revisão revelaram resultados significativos após a intervenção com AF de intensidade moderada e leve nas crianças com PEA. Os dados apresentados são consistentes com o estudo de Tse (2020), que evidenciou resultados significativos após a prática de AF de intensidade moderada nas FE de crianças com PEA. Estes resultados vão de encontro a investigação de Knaepen et al. (2012) que evidencia que quanto maior for a intensidade da AF, maiores serão os níveis de BDNF que promovem as FE em crianças.

Quanto a duração, a maioria dos estudos apresentaram uma duração média de 45 minutos. Estes resultados são semelhantes ao estudo de Davis et al. (2011), dado que estes evidenciam que doses mais altas de intervenção com AF durante 40 minutos proporcionaram maiores benefícios nas FE. Apesar da duração não apresentar evidências

ao nível da PEA, a investigação de Piepmeier et al. (2015) revela que quanto maior for a duração de uma intervenção com AF, maiores serão os efeitos nos níveis de BDNF, e consequentemente nas FE.

Para terminar, a investigação científica demonstrou que em média uma intervenção para apresentar resultados significativos nas FE, deve ser praticada pelo menos três vezes por semana (Fedewna & Ahn, 2011). Todavia, nesta revisão sistemática os estudos com AF foram realizados na sua maioria duas vezes por semana, tendo no pós-intervenção apresentado melhorias significativas nas FE de crianças e adolescentes com PEA.

4.9. Limitações do Estudo e Pontos fortes

Os resultados deste estudo, devem ser considerados e analisados consoante as limitações que os mesmos apresentaram.

Na presente revisão sistemática, os estudos revelaram algumas limitações que podem ter influenciado as intervenções de AF com crianças e adolescentes com PEA. Primeiramente, foram analisados estudos com tamanhos de amostra bastante reduzidos, e com uma distribuição desigual entre o sexo dos participantes, o que pode ter condicionado os resultados obtidos. Além disso, a maioria dos pais destas crianças e adolescentes com PEA não eram cegos para as intervenções, e marcaram presença nas mesmas, o que pode ter dificultado a implementação da intervenção. O ambiente em que foram implementadas as intervenções de AF, pode ter sido uma limitação nesta revisão, devido à falta de controlo que possa ter existido em certos locais de intervenção.

Os estudos incluídos apresentaram alguns pontos fortes que foram importantes para as crianças com PEA. Um dos primeiros pontos fortes dos estudos, foi o facto de apresentarem vários programas de AF que englobavam diversas atividades e exercícios, o que permitiu compreender de forma alargada, o impacto da AF nas FE destas crianças com PEA. Mais ainda, o facto da maioria dos estudos incluídos serem randomizados, visto que nos permitiu obter resultados mais fidedignos e claros em relação aos efeitos da AF nas FE de crianças e adolescentes com PEA. Para terminar, as medidas de avaliação neuropsicológicas foram relevantes nestes estudos, dado que ajudaram a avaliar as FE antes e após a intervenção, e a compreender as melhorias das mesmas nesta população clínica.

Como recomendações futuras, os investigadores devem ter em consideração algumas evidências empíricas para a intervenção da AF com crianças e adolescentes com PEA:

(1) o tamanho da amostra nos grupos de intervenção e controlo, para estes não apresentarem algumas desigualdades quanto a distribuição, (2) os pais não participarem ativamente no estudo, ou seja, serem cegos na intervenção para não influenciarem alguns dos resultados, (3) realizarem estudos que investiguem apenas as FE em crianças e adolescentes com PEA, para compreender melhor os procedimentos e resultados que a intervenção apresenta, e (4) administrarem as intervenções com AF em espaços apropriados que não influenciem os participantes enquanto usufruem da intervenção com AF.

Em suma, os resultados desta revisão sistemática evidenciam que a AF pode ser uma intervenção eficaz nas crianças e adolescentes com PEA, visto que os estudos revelam melhorias na maioria das FE. Contudo, os resultados ainda devem ser analisados cuidadosamente, dado que esta é uma temática pouco investigada pela comunidade científica em crianças e adolescentes com PEA.

5. Referências Bibliográficas

- Allen, G., & Courchesne, E. (2001). Attention function and dysfunction in autism. *Frontiers in Bioscience: A Journal and Virtual Library*, 6(3), 105–119. <https://doi.org/10.2741/allen>
- American Psychiatric Association (2011). *Manual de diagnóstico das perturbações mentais* (4ªed.). Climepsi Editores.
- American Psychiatric Association (2014). *Manual de diagnóstico e estatística das perturbações mentais* (5ªed.). Climepsi Editores.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71–82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Anorson, N., Male, I., Farr, W., & Memon, A. (2021). Prevalence of autism in Europe, North America and Oceania, 2000-2020: A systematic review. *European Journal of Public Health*, 31(3). <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckab164.786>
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford University Press.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 1–29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Barde, Y. A. (1989). Trophic factors and neuronal survival. *Neuron*, 2(6), 1525–1534. [https://doi.org/10.1016/0896-6273\(89\)90040-8](https://doi.org/10.1016/0896-6273(89)90040-8)
- Barenberg, J., Berse, T., & Dutke, S. (2011). Executive functions in learning processes: Do they benefit from physical activity? *Educational Research Review*, 6(3), 208–222. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2011.04.002>
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 21(1), 37–46. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90022-8)
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children’s executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>

- Bölte, S., Girdler, S., & Marschik, P. B. (2019). The contribution of environmental exposure to the etiology of autism spectrum disorder. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 76(7), 1275–1297. <https://doi.org/10.1007/s00018-018-2988-4>
- Borgi, M., Loliva, D., Cerino, S., Chiarotti, F., Venerosi, A., Bramini, M., Nonnis, E., Marcelli, M., Vinti, C., De Santis, C., Bisacco, F., Fagerlie, M., Frascarelli, M., & Cirulli, F. (2016). Effectiveness of a standardized equine-assisted therapy program for children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2530-6>
- Bremer, E., Graham, J. D., Heisz, J. J., & Cairney, J. (2020). Effect of acute exercise on prefrontal oxygenation and inhibitory control among male children with autism spectrum disorder: An exploratory study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 14(84). <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.00084>
- Caldwell, P. H. Y., & Bennett, T. (2020). Easy guide to conducting a systematic review. *Journal of Pediatrics and Child Health*, 56(6), 853–856. <https://doi.org/10.1111/jpc.14853>
- Centers for Disease Control and Prevention (2022, 2 de março). *Data & Statistics on Autism Spectrum Disorder*. <https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html>
- Chan, Y. S., Jang, J. T., & Ho, C. S. (2022). Effects of physical exercise on children with attention deficit hyperactivity disorder. *Biomedical Journal*, 45(2), 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2021.11.011>
- Chang, Y. K., Tsai, Y. J., Chen, T. T., & Hung, T. M. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: an ERP study. *Experimental Brain Research*, 225(2), 187–196. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3360-9>
- Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S., & Schultz, R. T. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(4), 231–239. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.02.007>
- Cibralic, S., Kohlhoff, J., Wallace, N., McMahon, C., & Eapen, V. (2019). A systematic review of emotion regulation in children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 68, 101422. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2019.101422>
- Coelho, A. M., & Aguiar, A. I. (2013). *Intervenção psicoeducacional integrada nas perturbações do espectro do autismo: Um manual para pais e professores*. Edições Afrontamento.

- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125–130. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>
- Damasio, A. R., & Maurer, R. G. (1978). A neurological model for childhood autism. *Archives of Neurology*, 35(12), 777–786. <https://doi.org/10.1001/archneur.1978.00500360001001>
- Das, J. P., & Heemsbergen, D. B. (1983). Planning as a factor in the assessment of cognitive processes. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 1(1), 1–15. <https://doi.org/10.1177/073428298300100101>
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Boyle, C. A., Waller, J. L., Miller, P. H., Naglieri, J. A., & Gregoski, M. (2007). Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: A randomized controlled trial. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78(5), 510–519. <https://doi.org/10.1080/02701367.2007.10599450>
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., & Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychology*, 30(1), 91–98. <https://doi.org/10.1037/a0021766>
- De Assis, G. G., Gasanov, E. V., de Sousa, M., Kozacz, A., & Murawska-Cialowicz, E. (2018). Brain derived neurotrophic factor, a link of aerobic metabolism to neuroplasticity. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 69(3), 351–358. <https://doi.org/10.26402/jpp.2018.3.12>
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(5), 335–341. <https://doi.org/10.1177/0963721412453722>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2015). Effects of physical exercise on executive functions: Going beyond simply moving to moving with thought. *Annual of Sports Medicine and Research*, 2(1), 1011.
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>

- Diamond, A., & Ling, D. S. (2019). Aerobic-Exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 37, 100572. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.05.001>
- Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., & Powell, K. E. (2019). Physical activity, cognition, and brain outcomes: A review of the 2018 physical activity guidelines. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(6), 1242–1251. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936>
- Etnier, J. L., & Chang, Y. K. (2009). The effect of physical activity on executive function: A brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31(4), 469–483. <https://doi.org/10.1123/jsep.31.4.469>
- Fedewa, A. L., & Ahn, S. (2011). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(3), 521–535. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599785>
- Feng, Y., Tian, X., Zhang, M., & Lou, S. (2021). Treadmill exercise reverses the change of dendritic morphology and activates BDNF-mTOR signaling pathway in the hippocampus and cerebral cortex of ovariectomized mice. *Journal of Molecular Neuroscience*, 71(9), 1849–1862. <https://doi.org/10.1007/s12031-021-01848-0>
- Frith, U. (1989). *Autism: Explaining the enigma*. Basil Blackwell.
- Frith, U., & Happé, F. (1994). Autism: beyond “theory of mind”. *Cognition*, 50(1-3), 115–132. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)90024-8)
- Geurts, H. M., Corbett, B., & Solomon, M. (2009). The paradox of cognitive flexibility in autism. *Trends in Cognitive Science*, 13(2), 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.11.006>
- Geurts, H. M., Vries, M., & van den Bergh, S. F. W. M. (2014). Executive functioning theory and autism. In S. Goldstein & J. A. Naglieri (Eds), *Handbook of executive functioning* (pp. 121–141). Springer.
- Goldstein, S., Naglieri, J. A., Princiotta, D., & Otero, T. M. (2014). Introduction: A history of executive functioning as a theoretical and clinical construct. In S. Goldstein & J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of executive functioning* (pp. 3-12). Springer.

- Greco, G., & Ronzi, R. (2020). Effect of karate training on social, emotional, and executive functioning in children with autism spectrum disorder. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(4), 1637–1645. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.04223>
- Hall, C. D., Smith, A. L., & Keele, S. W. (2001). The impact of aerobic activity on cognitive function in older adults: A new synthesis based on the concept of executive control. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13(1-2), 279–300. <https://doi.org/10.1080/09541440126012>
- Hallmayer, J., Clevand, S., Torres, A., Phillips, J., Cohen, B., Torigoe, T., Miller, J., Fedele, A., Collins, J., Smith, K., Lotspeich, L., Croen, L. A., Ozonoff, S., Lajonchere, C., Grether, J. K., & Risch, N. (2011). Genetic heritability and shared environmental factors among twin pairs with autism. *Archives of General Psychiatry*, 68(11), 1095–1102. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2011.76>
- Hardman, A. E., & Stensel, D. J. (2003). *Physical activity and health: The evidence explained* (1sted.). Routledge.
- 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 randomized trials. *BMJ*, 343(7829), 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmj.d5928>
- Higgins, J. P. T., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., & Sterne, J. A. C. (2019). Chapter 8: Assessing risk of bias in a randomized trial. In J. P. T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page & V. A. Welch (Eds), *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (pp. 205–228). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119536604.ch8>
- Hill, E. L. (2004). Evaluating the theory of executive dysfunction in autism. *Developmental Review*, 24(2), 189–233. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2004.01.001>
- Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 1967–1974. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce>
- Hillman, C. H., McAuley, E., Erickson, K. I., Liu-Ambrose, T., & Kramer, A. F. (2019). On mindful and mindless physical activity and executive function: A response to Diamond and Ling (2016). *Developmental Cognitive Neuroscience*, 37, 100529. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.01.006>

- Hilton, C., Ratcliff, K., Collins, D., & Jones, J. (2020). Physiological and cognitive effects of daily exercise on adolescents with autism spectrum disorders (ASD). *The American Journal of Occupational Therapy*, 74. <https://doi.org/10.5014/ajot.2020.74S1-PO2111>
- Hung, C. L., Tseng, J. W., Chao, H. H., Hung, T. M., & Wang, H. S. (2018). Effect of acute exercise mode on serum brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and task switching performance. *Journal of Clinical Medicine*, 7(10), 301. <https://doi.org/10.3390/jcm7100301>
- Jahromi, L. B., Meek, S. E., & Ober-Reynolds, S. (2012). Emotion regulation in the context of frustration in children with high functioning autism and their typical peers. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 53(12), 1250–1258. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02560.x>
- Ji, C., Yang, J., Lin, L., & Chen, S. (2022). Executive function improvement for children with autism spectrum disorder: A comparative study between virtual training and physical exercise methods. *Children*, 9(4), 507. <https://doi.org/10.3390/children9040507>
- Kamijo, K., Pontifex, M. B., O’Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science*, 14(5), 1046–1058. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x>
- Khor, A. S., Melvin, G. A., Reid, S. C., & Gray, K. M. (2014). Coping, daily hassles and behavior and emotional problems in adolescents with high-functioning autism/asperger’s disorder. *Journal Autism Developmental Disorder*, 44(3), 593–608. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1912-x>
- Knaepen, K., Goekint, M., Heyman, E. M., & Meeusen, R. (2012). Neuroplasticity-Exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor. *Sports Medicine*, 40, 765–801. <https://doi.org/10.2165/11534530-000000000-00000>
- Lakes, K. D., & Hoyt, W. T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(3), 283–302. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2004.04.002>
- Lambrick, D., Stoner, L., Grigg, R., & Faulkner, J. (2016). Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8-10 years. *Psychophysiology*, 53(9), 1335–1342. <https://doi.org/10.1111/psyp.12688>
- Latomme, J., Calders, P., Van Waelvelde, H., Mariën, T., & De Craemer, M. (2022). The role of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in the relation between physical

- activity and executive functioning in children. *Children*, 9(5), 596.
<https://doi.org/10.3390/children9050596>
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment* (3rded.). Oxford University Press.
- Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological assessment* (4thed.). Oxford University Press.
- Liang, X., Li, R., Wong, S. H. S., Sum, R. K. W., Wang, P., Yang, B., & Sit, C. H. P. (2022). The effects of exercise interventions on executive functions in children and adolescents with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(1), 75–88. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01545-3>
- Lovaas, O. I., Koegel, R. I., & Schreibman, L. (1979). Stimulus overselectivity in autism: A review of research. *Psychological Bulletin*, 86(6), 1236–1254.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.6.1236>
- Ludyga, S., Pühse, U., Gerber, M., & Kamijo, K. (2021). How children with neurodevelopmental disorders can benefit from the neurocognitive effects of exercise. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 127, 514–519.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.04.039>
- Ludyga, S., Pühse, U., Gerber, M., & Mücke, M. (2021). Muscle strength and executive function in children and adolescents with autism spectrum disorder. *Autism Research*, 14(2), 2555–2563. <https://doi.org/10.1002/aur.2587>
- Ma, Q. (2008). Beneficial effects of moderate voluntary physical exercise and its biological mechanisms on brain health. *Neuroscience Bulletin*, 24(4), 265–270.
<https://doi.org/10.1007/s12264-008-0402-1>
- Masley, S., Roetzheim, R., & Gualtieri, T. (2009). Aerobic exercise enhances cognitive flexibility. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, 16(2), 186–193.
<https://doi.org/10.1007/s10880-009-9159-6>
- Mazefsky, C. A., Herrington, J., Siegel, M., Scarpa, A., Maddox, B. B., Scahill, L., & White, S. W. (2013). The role of emotion regulation in autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 52(7), 679–688.
<https://doi.org/10.1016/j.jaac.2013.05.006>
- Memari, A. H., Mirfazeli, F. S., Kordi, R., Shayestehfar, M., Moshayedi, P., & Mansournia, M. A. (2017). Cognitive and social functioning are connected to physical activity behavior in children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 33, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2016.10.001>
- Milajerdi, H. R., Sheikh, M., Najafabadi, M. G., Saghaei, B., Naghdi, N., & Dewey, D. (2021). The effects of physical activity and exergaming on motor skills and executive

- functions in children with autism spectrum disorder. *Games for Health Journal*, 10(1), 33–42. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0180>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264–269. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Müller, U., & Kerns, K. (2015). The development of executive function. In R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of Child Psychology and Developmental Science* (pp. 1–53). John & Wiley Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118963418.childpsy214>
- Murawska-Ciałowicz, E., Wiatr, M., Ciałowicz, M., de Assis, G. G., Borowicz, W., Rocha-Rodrigues, S., Paprocka-Borowicz, M., & Marques, A. (2021). BDNF impact on biological markers of depression-role of physical exercise and training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7553. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147553>
- Nakutin, S. N., & Gutierrez, G. (2019). Effect of physical activity on academic engagement and executive functioning in children with ASD. *School Psychology Review*, 48(2), 177–184. <https://doi.org/10.17105/SPR-2017-0124.V48-2>
- Oliveira, G., Ataíde, A., Marques, C., Miguel, T. S., Coutinho, A. M., Mota-Vieira, L., Gonçalves, E., Lopes, N. M., Rodrigues, V., Mota, H. C., & Vicente, A. M. (2007). Epidemiology of autism spectrum disorder in Portugal: prevalence, clinical characterization, and medical conditions. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49(10), 726–733. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00726.x>
- Organização Mundial de Saúde (2020, 26 de novembro). *Physical activity*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(210). <http://dx.doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Palasz, E., Wysocka, A., Gasiorowska, A., Chalimoniuk, M., Niewiadomski, W., & Niewiadomska, G. (2020). BDNF as a promising therapeutic agent in parkinson’s

- disease. *International of Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 1170. <https://doi.org/10.3390/ijms21031170>
- Pan, C. Y., Chu, C. H., Tsai, C. L., Sung, M. C., Huang, C. Y., & Ma, W. Y. (2017). The impacts of physical activity intervention on physical and cognitive outcomes in children with autism spectrum disorder. *Autism*, 21(2), 190–202. <https://doi.org/10.1177/1362361316633562>
- Pellicano, E. (2010). The development of core cognitive skills in autism: A 3-year prospective study. *Child Development*, 81(5), 1400–1416. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01481.x>
- Pellicano, E. (2012). The development of executive function in autism. *Autism Research and Treatment*, 2012, 146132. <https://doi.org/10.1155/2012/146132>
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(1), 51–87. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x>
- Phung, J. N., & Goldberg, W. A. (2019). Promoting executive functioning in children with autism spectrum disorder through mixed martial arts training. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(9), 3669–3684. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04072-3>
- Piepmeyer, A. T., & Etnier, J. L. (2015). Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) as a potential mechanism of the effects of acute exercise on cognitive performance. *Journal of Sport and Health Science*, 4(1), 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.11.001>
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 1(4), 515–526. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00076512>
- Rajendran, G., & Mitchell, P. (2007). Cognitive theories of autism. *Developmental Review*, 27(2), 224–260. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2007.02.001>
- Ronald, A., & Hoekstra, R. A. (2011). Autism spectrum disorders and autistic traits: A decade of new twin studies. *American Journal of Medical Genetics, Part B*, 156(3), 255–274. <https://doi.org/10.1002/ajmg.b.31159>
- Scherder, E. J., Van Paasschen, J., Deijen, J. B., Van der Knokke, S., Orlebeke, J. F., Burgers, I., Devriese, P. P., Swaab, D. F., & Sergeant, J. A. (2005). Physical activity and executive functions in the elderly with mild cognitive impairment. *Aging and Mental Health*, 9(3), 272–280. <https://doi.org/10.1080/13607860500089930>

- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society London. Série B, Biological Sciences*, 298(1089), 199–209. <https://doi.org/10.1098/rstb.1982.0082>
- Sterne, J. A. C., Hernán, M. A., McAleenan, A., Reeves, B. C., & Higgins, J. P. T. (2019). Chapter 25: Assessing risk of bias in a non-randomized study. In J. P. T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page, & V. A. Welch (Eds), *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (pp. 621–641). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119536604.ch25>
- Tanksale, R., Sofronoff, K., Sheffield, J., & Gilmour, J. (2021). Evaluating the effects of a yoga-based program integrated with third-wave cognitive behavioral therapy components on self-regulation in children on the autism spectrum: A pilot randomized controlled trial. *Autism*, 25(4), 995–1008. <https://doi.org/10.1177/1362361320974841>
- Thompson, R. A. (1994). Emotion regulation: A theme in search of definition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59(2–3), 25–52. <https://doi.org/10.2307/1166137>
- Tse, A. C. Y. (2020). Brief report: Impact of a physical exercise intervention on emotion regulation and behavioral functioning in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50(11), 4191–4198. <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04418-2>
- Tse, C. Y. A., Lee, H. P., Chan, K. S. K., Edgar, B. V., Wilkinson-Smith, A., & Lai, W. H. E. (2019). Examining the impact of physical activity on sleep quality and executive functions in children with autism spectrum disorder: A randomized controlled trial. *Autism*, 23(7), 1699–1710. <https://doi.org/10.1177/1362361318823910>
- Tse, A. C. Y., Anderson, D. I., Liu, V. H. L., & Tsui, S. S. L. (2021). Improving executive function of children with autism spectrum disorder through cycling skill acquisition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(7), 1417–1424. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002609>
- Vhavle, S. P., Rao, R. M., & Manjunath, N. K. (2019). Comparison of yoga versus physical exercise on executive function, attention, and working memory in adolescent schoolchildren: A randomized controlled trial. *International Journal of Yoga*, 12(2), 172–173. https://doi.org/10.4103/ijoy.IJOY_61_18
- Wang, Y., Zhang, Y. B., Liu, L. L., Cui, J. F., Wang, J., Shum, D. H. K., van Amelsvoort, T., & Chan, R. C. K. (2017). A meta-analysis of working memory impairments in

- autism spectrum disorders. *Neuropsychology Review*, 27(1), 46–61.
<https://doi.org/10.1007/s11065-016-9336-y>
- Wang, J. G., Cai, K. L., Liu, Z. M., Herold, F., Zou, L., Zhu, L. N., Xiong, X., & Chen, A. G. (2020). Effects of mini-basketball training program on executive functions and core symptoms among preschool children with autism spectrum disorders. *Brain Sciences*, 10(5), 263. <https://doi.org/10.3390/brainsci10050263>
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: development and plasticity. *Child Development Perspectives*, 6(4), 354–360. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x>
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Eds.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445–469). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780470996652.ch20>
- Zhang, M., Liu, Z., Ma, H., & Smith, D. M. (2020). Chronic physical activity for attention deficit hyperactivity disorder and/or autism spectrum disorder in children: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 14, 564886. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.564886>