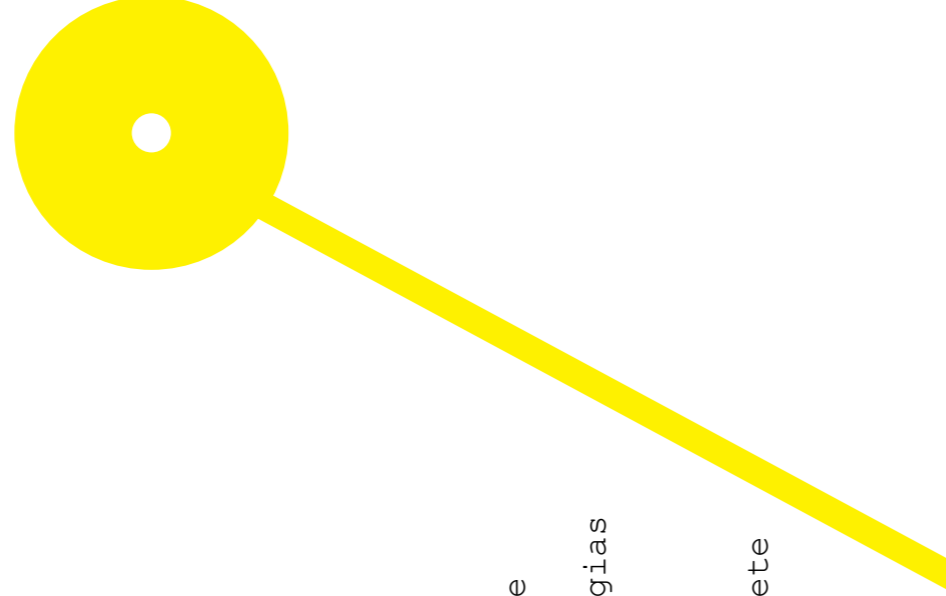


M

MESTRADO
FISIOTERAPIA - OPÇÃO NEUROLOGIA

Relação de coordenação entre membros, na reabilitação da marcha em diferentes patologias do sistema nervoso central: Revisão Sistemática

Telmo Renato Sebasteão Gordete



02/2018

Telmo Gordete. Relação de coordenação entre membros, na reabilitação da marcha em diferentes patologias do sistema nervoso central: Revisão Sistemática

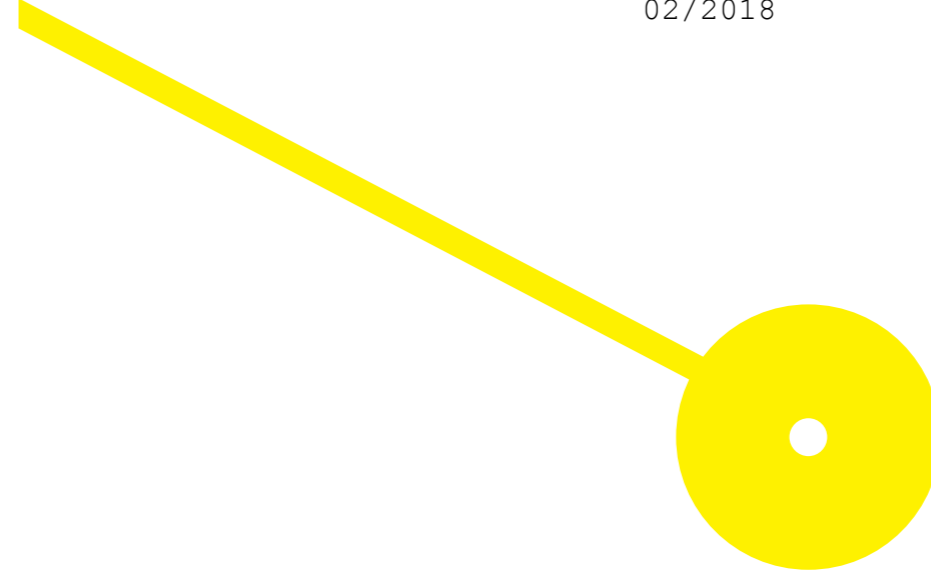
M

MESTRADO
FISIOTERAPIA - OPÇÃO NEUROLOGIA

Relação de coordenação entre membros, na reabilitação da marcha em diferentes patologias do sistema nervoso central:
Revisão Sistemática

Telmo Renato Sebasteão Gordete

02/2018



**Escola Superior de Saúde
Instituto Politécnico do Porto**

Telmo Renato Sebastião Gordete

Relação de coordenação entre membros, na reabilitação da marcha em diferentes patologias do sistema nervoso central: Revisão Sistemática

Dissertação submetida à Escola Superior de Saúde para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia – Opção Neurologia, realizada sob orientação científica do Mestre Alexandre Lopes e da Professora Doutora Augusta Silva, Professores da Área Científica da Fisioterapia da Escola Superior de Saúde – Politécnico do Porto

Fevereiro 2018

Relação de coordenação entre membros, na reabilitação da marcha em diferentes patologias do sistema nervoso central: Revisão Sistemática

Telmo Gordete¹, Alexandre Lopes², Augusta Silva³

¹ESS - P. Porto – Escola Superior de Saúde, Politécnico do Porto

^{2,3}ATCFT - Área Técnico-Científica da Fisioterapia

Resumo

Introdução: A marcha humana é caracterizada por um padrão de coordenação bilateral, onde os membros superiores assumem um papel preponderante. Esta relação de coordenação é regularmente associada à melhoria da estabilidade corporal, à diminuição do custo energético, bem como ao aumento da eficiência da marcha humana. A manipulação do movimento dos membros na tarefa da marcha pode beneficiar esta relação de coordenação, de forma a melhorar o padrão locomotor de populações neurológicas. Portanto, torna-se de extrema importância perceber os efeitos reais da intervenção na recuperação de sujeitos com estes diagnósticos.

Objetivo: Analisar as evidências que abordem a coordenação inter-membros e a sua integração no treino de marcha de populações neurológicas.

Métodos: Foi conduzida uma pesquisa *online* de artigos, preferencialmente estudos randomizados (RCT) e complementarmente estudos quase-experimentais (Q-ES), compreendidos entre 2007 e 2017. A pesquisa foi conduzida nas principais bases de dados de ciências da saúde (PubMed, Science Direct, B-On, Medline, Clinical Key, Scielo Portugal e PEDro), bem como através da bibliografia dos documentos extraídos, utilizando as palavras chave “*Gait Speed*”, “*Human Walking*”, “*Interlimb Coordination*”, “*Arm Swing*” e “*Rehabilitation*” em todas as combinações possíveis. Os critérios de inclusão e a qualidade dos estudos foram analisadas segundo classificação verificada pela Physiotherapy Evidence Database (estudos RCT) e por dois revisores independentes segundo a *Checklist for the Assessment of the Methodological Quality* (estudos Q-ES).

Resultados: Dos 1252 estudos identificados, apenas 8 foram incluídos. Destes, cinco são RCT com pontuações compreendidas entre 4/10 e 7/10 segundo a escala Physiotherapy Evidence Database. Os restantes três são artigos Q-ES com pontuações compreendidas entre 18/32 e 20/32 segundo a *Checklist for the Assessment of the Methodological Quality*. Todos os estudos incluídos sugerem benefícios na exploração da relação de coordenação dos membros, em prol do padrão locomotor de doentes neurológicos, bem como dos seus componentes.

Conclusão: É possível afirmar a eficácia da exploração dos movimentos de coordenação dos membros, perante a sua integração em estratégias de reabilitação da marcha de populações neurológicas.

Palavras-chave: Marcha humana, coordenação inter-membros, *Randomized Controlled Trials*, revisão sistemática.

Abstract

Background: Human gait is characterized by a bilateral coordination pattern, where the upper limbs assume a preponderant role. This coordination relationship is regularly associated with improved body stability, reduced energy costs, and increased human gait efficiency. The manipulation of limb movement in the gait task may benefit this coordination relationship in order to improve the locomotor pattern of neurological populations. Therefore, it is extremely important to perceive the real effects of the intervention in the recovery of subjects with these diagnoses.

Aim: To analyze the evidences that approach interventions in members movement, in order to influence their coordination relation in gait task.

Methods: We conducted an online survey of articles, preferably randomized trials (RCT) and complemented with quasi-experimental studies between 2007 and 2017. The research was conducted in the main health science databases (PubMed, Science Direct, B-On, Medline, Clinical Key, Scielo Portugal and PEDro), as well as through the bibliography of extracted documents, using the keywords "Gait Speed", "Human Walking", "Interlimb Coordination", "Arm Swing" and "Rehabilitation", in all possible combinations. The inclusion criteria and the quality of the studies were analyzed according to the verified classification by Physiotherapy Evidence Database (RCT studies) and by two independent reviewers according to the Checklist for the Assessment of the Methodological Quality (Q-ES studies).

Results: Of the 1252 studies identified, only 8 were included. Of these, five are RCTs with scores between 4/10 and 7/10 according to the Physiotherapy Evidence Database scale. The remaining three are Q-ES articles with scores between 18/32 and 20/32 according to the Checklist for the Assessment of the Methodological Quality. All included studies suggest benefits in exploring the limb coordination relationship for the locomotor pattern of neurological patients as well as their components.

Conclusion: It is possible to affirm the effectiveness of the exploration of interlimb coordination, verified in gait components modifications, to improve the locomotor pattern of several neurological populations,

Key words: Human gait, inter-limb coordination, Randomized Controlled Trials, systematic review.

Índice

Lista de abreviaturas, acrónimos e sinais.....	5
Índice de tabelas e figuras.....	6
1. Introdução	7
2. Métodos	10
2.1. Participantes	10
2.2. Intervenções	10
2.3. Estratégias de pesquisa	10
2.4. Critérios de inclusão e exclusão	11
2.5. Procedimento de seleção dos estudos e risco de viés	11
2.6. Procedimento de extração de dados.....	13
3. Resultados.....	14
3.1. Participantes	22
3.2. Diagnóstico.....	22
3.3. Instrumentos	22
3.4. Intervenção	23
4. Discussão	24
5. Conclusão	33
6. Agradecimentos.....	33
7. Referências Bibliográficas	34
8. Apêndice	42
9. Anexos	43

Lista de abreviaturas, acrónimos e sinais

6/10MWT – *6/10-Minutes Walk Test*

ASA – *Arm Swing Assymetry*

AVE – *Acidente Vascular Encefálico*

BBS – *Berg Balance Scale*

CAMQ – *Checklist for the Assessment of the Methodological Quality*

DGI – *Dynamic Gait Index*

FGA – *Functional Gait Assessment*

FM – *Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery*

fMRI – *Functional Magnetic Resonance Imaging*

GPC – *Geradores de Padrão Central*

IRP – *Instantaneous Relative Fase*

MAS – *Modified Ashworth Scale*

MBI – *Modified Barthel Index*

MMi – *Membros Inferiores*

MMs – *Membros Superiores*

MXC – *Maximal Cross-Correlation*

PEDro – *Physiotherapy Evidence Database*

Q-ES – *Quase-Experimental*

RCT – *Randomized Controlled Trial*

SIS – *Stroke Impact Scale*

T10 – *10 Meter Walk Test*

Tetrax – *Tetra-Ataxiometric Posturography*

TUG – *Timed Up and Go*

Índice de tabelas e figuras

Figura 1: Fluxo da informação com as diferentes fases da pesquisa de artigos	15
Tabela 1: Qualidade metodológica/ Risco de Viés, segundo a escala <i>Physiotherapy Evidence Database</i>	15
Tabela 2: Qualidade metodológica dos estudos quase-experimentais incluídos, segundo a <i>Checklist for the Assessment of the Methodological Quality</i>	17
Tabela 3: Características dos estudos incluídos na revisão sistemática.....	19

1. Introdução

A marcha humana é uma tarefa motora coordenada fundamental na condução das atividades de vida diária e é caracterizada por um padrão específico de coordenação bilateral (Luft, et al., 2008).

Durante a marcha no solo o movimento dos membros inferiores (MMi) oscila de forma recíproca com comprimento e tempos de passada simétricos (Finley, et al., 2013; Reisman, et al., 2005) e são acompanhados por deslocações desfasadas dos membros superiores (MMs). Fisiologicamente, o balanço coordenado dos MMs não é necessário para caminhar em seres humanos, mas pode permanecer como função residual da locomoção quadrúpede (Dietz, 2001; Ford, 2007; Meyns, 2013).

Em parte, o balanço dos MMs é frequentemente considerado como uma característica locomotora derivada da velocidade da marcha (Goudriaan, et al., 2014). Passos mais rápidos e mais longos produzem uma maior rotação do tronco em torno do eixo vertical, criando maiores forças de inércia e gravidade, resultando em maiores amplitudes e frequência de movimentos dos MMs. O aumento da amplitude de movimento dos MMs ajuda a reduzir o momento angular do corpo inteiro, reduzindo o custo energético, aumentando assim a eficiência da marcha (Bruijn, et al., 2008; Collins, 2009; Kutz-Buschbeck, 2012).

O balanço dos MMs também desempenha um papel importante na estabilização do corpo durante a marcha humana (Punt, et al., 2015). Estudos recentes mostraram uma marcha significativamente mais estável quando o balanço dos MMs foi excessivo, mesmo em populações mais idosas (Hu, et al., 2012; Nakakubo, et al., 2014). Em contraste, os movimentos restringidos dos MMs mudaram e, em algumas circunstâncias, até deterioraram o padrão de marcha (Ortega, 2008; Umberger, 2008).

Existe algum desacordo sobre as redes neurais responsáveis pelo controlo dos movimentos dos membros durante a marcha humana. Alguma literatura argumenta a favor de um papel fundamental para os geradores de padrões centrais da medula espinal (GPC), presumivelmente supervisionados pelas estruturas do tronco encefálico e pelo córtex (Dietz, 2002; Zehr and Duysens, 2004). Neste caso os GPC controlam individualmente os movimentos de cada membro durante a marcha e todos estão interconectados para gerar uma interação coerente entre os músculos dos quatro membros (Lamb and Yang, 2000; Meyns, 2013).

Por outro lado, outros estudos enfatizaram o papel que as estruturas corticais desempenham como geradores primários da coordenação entre membros durante a marcha humana (Barthelemy and Nielsen, 2010; Petersen, et al., 2012).

Se o balanço dos MMs durante a marcha humana é especificamente ativo ou passivo é uma questão ainda pouco esclarecida (Collins, et al., 2009; Kubo, et al., 2004; Kuhtz-Buschbeck, 2012; Pontzer, et al., 2009). Uma abordagem integrativa, sugere que o balanço dos MMs pode ser visto como parte integrante da marcha bípede humana, decorrente principalmente de movimentos passivos, que são estabilizados pelo controlo muscular ativo como parte do controlo neural da locomoção (Kuhtz-Buschbeck, et al., 2008; Meyns, et al., 2013).

Os substratos neurais que permitem a coordenação quadrupede da marcha foram descritos em estudos com animais (Grillner, 2006; Kiehn, 2006). Os resultados de estudos humanos suportam implicitamente a existência de esquemas organizacionais similares para a marcha humana envolvendo coordenação entre os quatro membros. Por exemplo, ao aumentar a amplitude de movimento dos MMs facilitando o seu balanço em pacientes com Acidente Vascular Encefálico (AVE), pedindo-lhes para segurar alças deslizantes enquanto caminhavam numa passadeira, a estratégia ativava músculos das extremidades inferiores que normalmente não são ativos durante a marcha ou em marcha patológica (Stephenson, 2010).

Bondi, et al., (2017) concluíram também no seu estudo que a manipulação do movimento dos MMs, influencia a coordenação dos MMi. Da mesma forma, a manipulação do movimento de um membro superior levou a mudanças na amplitude do membro superior contralateral. Em contrapartida, a velocidade da marcha, a assimetria e a variabilidade não foram afetadas por essa manipulação.

Evidências preliminares como as anteriores sugerem que incluir o balanço dos MMs no treino de marcha pode beneficiar a coordenação dos membros e consequentemente o padrão de marcha após uma lesão neurológica.

A sincronização alterada dos membros foi observada em sujeitos com diferentes patologias neurológicas e traumas, incluindo AVE (Ford, 2007; Stephenson, et al., 2009), no início da doença de Parkinson (Dietz and Michel, 2008; Carpinella, et al., 2007), com lesão medular (Tester, et al., 2012) e na paralisia cerebral (Meyns, et al., 2011). Estes pacientes podem caminhar sem balançar os MMs ou com balanço e acoplamento reduzidos entre os MMs e os MMi. Considerando esta questão, o balanço dos MMs foi incorporado no treino de marcha em várias populações neurológicas para melhorar a coordenação entre

membros e o padrão locomotor (Behrman & Harkema, 2000; Meyns, et al., 2013; Stephenson, 2009).

No entanto a maioria dos estudos que empregam manipulações na amplitude de movimento dos membros, concentraram-se principalmente nos efeitos biomecânicos, mas não na melhoria da coordenação ou sincronização dos membros (Collins, et al., 2009; Stephenson, et al., 2009).

Compreender o papel dos MMs na coordenação da marcha tem importância clínica significativa, pois indivíduos com distúrbios neurológicos (por exemplo, pós-AVE, Parkinson, Esclerose Múltipla) demonstram assimetria da marcha, redução da coordenação bilateral (Kalron and Achiron, 2014; Meijer, et al., 2011; Plotnik, et al., 2007; 2014) e um risco aumentado de queda (Fasano and Plotnik, 2012; Giladi and Nieuwboer, 2008; Plotnik, et al., 2008; 2011).

De forma a evidenciar esta problemática, o presente estudo pretendeu reunir as referências acerca da coordenação inter-membros e a sua integração no treino de marcha de várias populações neurológicas, com intuito de potenciar a relação dos membros e consequentemente o próprio padrão locomotor. Esta revisão sistemática incidirá sobre estudos RCT e complementada com estudos Q-ES.

2. Métodos

A realização desta revisão sistemática decorreu entre janeiro 2017 e fevereiro de 2018. A elaboração do protocolo de estudo inicial contemplou os seguintes critérios de admissão de estudos nesta revisão sistemática:

2.1. Participantes

Estudos que incluam crianças ou adultos com diagnóstico (definido pelos autores) de doença neurológica em qualquer contexto (hospitalar ou comunidade) e com capacidade de marcha autónoma.

2.2. Intervenções

Estudos em que individualmente se apliquem técnicas de manipulação dos componentes da marcha como forma de explorar a relação dos membros, aos pacientes já descritos. As intervenções incluirão estratégia de marcha para trás, programas de exercícios baseado na dupla tarefa (MMs+MMi), a exploração e/ou facilitação do balanço dos membros durante a marcha em passadeira ou no solo, bem como a manipulação da velocidade da marcha como integrantes relevantes na relação de coordenação entre os membros. Não será aplicada qualquer restrição à inclusão de estudos nesta revisão sistemática pela aplicação concomitante de outra qualquer terapia, ou pela duração da intervenção.

2.3. Estratégia de Pesquisa

Para a elaboração da presente revisão sistemática foram tidas em consideração as linhas orientadoras do projeto PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis*) (<http://www.prisma-statement.org/>), pelo que foi conduzida uma pesquisa online nas principais bases de dados de ciências da saúde (PubMed, Science Direct, B-On, Medline, Clinical Key, Scielo Portugal e PEDro). A pesquisa foi limitada às línguas portuguesa e inglesa.

Para a pesquisa dos estudos relevantes foram selecionadas as seguintes palavras-chave: “*Gait Speed*”, “*Human Walking*”, “*Interlimb Coordination*”, “*Arm Swing*” e “*rehabilitation*”, em todas as combinações possíveis (todas as palavras-chave e estratégias de pesquisa encontram-se em apêndice). A conexão dos termos de pesquisa foi feita através de operadores booleanos: “*OR*” e “*AND*”, entre os diferentes termos de pesquisa. A procura foi realizada tendo em conta o aparecimento destas palavras-chave ou da combinação das mesmas no título, no resumo ou nas palavras-chave de um artigo.

Foi também conduzida uma pesquisa da bibliografia dos documentos extraídos para a identificação de estudos relevantes para a problemática em estudo.

Por último, os resultados da pesquisa foram registados de forma detalhada para que, caso seja necessário, este registo possa ser auditado, verificado e replicado, tornando a pesquisa mais válida (Bettany-Salticov, 2012).

2.4. Critérios de inclusão e exclusão

Numa revisão sistemática da literatura de qualidade os critérios de inclusão e exclusão devem ser definidos de forma minuciosa e transparente, antes da pesquisa, para que possam ser incluídos todos os estudos relevantes e excluídos os irrelevantes (Bettany-Salticov, 2012).

Assim, a definição dos critérios de inclusão e exclusão, teve como finalidade orientar a pesquisa e a seleção dos estudos primários, de modo a aumentar a precisão dos resultados face à questão de investigação e aos objetivos do estudo.

Como critérios de inclusão privilegiaram-se os artigos com foco na problemática da inter-relação dos membros na marcha de populações neurológicas, com recurso a metodologia RCT, sendo também incluídos estudos Q-ES, publicados entre 2007 e 2017.

Como critérios de exclusão foram definidos: (1) estudos que incluíssem indivíduos saudáveis; (2) estudos que incluíssem pacientes com doença não neurológica; (3) estudos apenas com acesso ao resumo e (4) estudos RCT com score na escala *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) inferiores a 4/10 (www.pedro.org.au).

2.5. Procedimento de Seleção dos Estudos e Risco de Viés

O processo de seleção dos estudos permite diminuir enviesamentos e possíveis erros humanos, fazendo com que todos os artigos sejam selecionados da mesma forma e assegurando a validade e a veracidade dos resultados (Bettany-Salticov, 2012; Higgins, 2011).

Desta forma, um investigador consultou as bases de dados referidas utilizando a metodologia de procura descrita. Se o “*abstract*” ou o título do artigo presente na base de dados fosse relevante para o estudo em questão, o artigo seria extraído completamente. Foi realizada a reunião de todos os artigos extraídos no final de todas as pesquisas, detetando possíveis duplicações de resultados, sendo excluídos os duplicados. Foi efetuada também uma análise individual da pertinência de cada artigo, onde se procedeu à inclusão ou exclusão de estudos, consoante os critérios previamente definidos. Desta forma dois

revisores analisaram os títulos e resumos de cada artigo excluindo os que não se aplicavam a este estudo. Os potenciais artigos foram posteriormente encaminhados para leitura do *full-text* de forma independente pelos dois revisores para verificação dos critérios de inclusão/exclusão. Este processo de seleção será posteriormente explicitado utilizando o *template* determinado pela metodologia de revisão sistemática PRISMA (Moher, et al., 2009; Liberati, et al., 2009).

A qualidade metodológica e avaliação do risco de viés dos estudos randomizados foi conferida na base de dados PEDro, onde todos os artigos RCT já possuíam a respetiva pontuação. A escala PEDro baseia-se na lista de Delphi, desenvolvida por Verhagen e colegas (Verhagen, et al., 1998) sendo definida como pontuação mínima para inclusão dos artigos na revisão, um score de 4 ou mais pontos segundo a referida escala. Com a escala PEDro foram pontuados os seguintes critérios de rigor metodológico (zero pontos: ausente; 1 ponto: presente): (1) especificação dos critérios de elegibilidade; (2) distribuição aleatória dos sujeitos; (3) distribuição cega dos sujeitos; (4) similaridade inicial dos grupos; (5) cegueira dos sujeitos; (6) cegueira dos fisioterapeutas; (7) cegueira dos avaliadores; (8) follow-up de pelo menos um resultado-chave em mais que 85% dos sujeitos; (9) análise total ou por “intenção de tratamento”; (10) análise estatística inter-grupos para pelo menos um resultado-chave; (11) medidas de precisão e variabilidade para pelo menos um resultado-chave. Só é atribuído um ponto quando o critério é claramente satisfeito ou reportado no estudo.

Segundo as *guidelines* PEDro, apenas os critérios 2 a 11 são usados para pontuação obtendo-se um valor final compreendido entre 0 e 10. A escala PEDro apresenta níveis moderados de fiabilidade inter-observador (Coeficiente de correlação intraclassa – ICC: 0,68; Intervalo de confiança - IC 95%: 0,57-0,76) (Maher, et al., 2003; Morton, 2009).

A qualidade metodológica dos estudos Q-ES foi verificada pelos revisores através do instrumento CAMQ (*Checklist for the Assessment of the Methodological Quality*) (Downs, 1998), (Anexo 1).

A CAMQ foi concebida para verificação válida e confiável da qualidade metodológica, não apenas de ensaios clínicos randomizados, mas também de estudos não randomizados; fornece uma pontuação geral para a qualidade do estudo e um perfil de pontuação não só para a qualidade do relatório, validade interna (viés e confusão) e poder, mas também para validade externa.

Esta lista de verificação foi desenvolvida com base em princípios epidemiológicos, revisões de projetos de estudo e listas de verificação existentes para a avaliação de ensaios

clínicos randomizados. É composta por 27 itens distribuídos entre cinco sub-escalas: “*Reporting*”, “*External Validity*”, “*Internal Validity – Bias*”, “*Internal Validity – Confounding (selection bias)*” e “*Power*”. As respostas são pontuadas com 0 ou 1, com exceção de um item na sub-escala “*Reporting*”, que é pontuada entre 0 e 2 e o único item da sub-escala “*Power*”, que inclui cotação de 0 a 5. A pontuação máxima total é, portanto, de 32 valores.

Segundo Downs S. (1998), o índice de qualidade desta lista demonstrou-se de alta consistência interna, boa confiabilidade *test-retest* e inter-avaliador e boa validade de face e critério.

De forma a melhorar a fiabilidade destas escalas, qualquer discrepância ou desacordo na classificação da qualidade metodológica dos estudos foi resolvida através de discussão ou intervenção do investigador principal.

2.6. Procedimento de extração de dados

O método de extração dos dados é possivelmente a etapa metodológica mais desafiante, dado que envolve por um lado, a revisão minuciosa dos estudos primários e por outro lado a síntese da informação relevante, o que originará a resposta à pergunta de investigação (Higgins, 2011). Deste modo, com a intenção de padronizar este processo e reforçar a validade dos resultados (Bettany-Saltikov, 2012), foi criada uma tabela de extração dos dados especificamente para a presente investigação (tabela 3). Desta grelha faziam parte as seguintes informações: identificação do estudo, desenho do estudo, composição da amostra, contexto do estudo, instrumentos utilizados, intervenções, principais resultados e conclusões. A qualidade metodológica dos estudos foi analisada e registada em tabelas próprias.

Discrepâncias ou desacordos foram também resolvidos através de discussão ou recorrendo a um terceiro revisor independente.

3. Resultados

A pesquisa da literatura identificou 1232 estudos possivelmente relevantes, sendo 296 destes provenientes da Pubmed, 387 da Science Direct, 337 da Medline, 135 da Clinical Key e 77 da PEDro.

Após leitura do título e resumos, foram selecionados 13 artigos da Pubmed, 37 da Science Direct, 12 da Medline, 20 da Clinical Key, 7 da PEDro. Foram ainda incluídos 5 artigos sugeridos nas plataformas de pesquisa e 15 artigos resultantes da pesquisa de bibliografias. Com o intuito de evitar a duplicação de artigos foi efetuada a verificação das publicações, tendo-se procedido à remoção de 13 artigos em duplicado, perfazendo um total de 96 artigos.

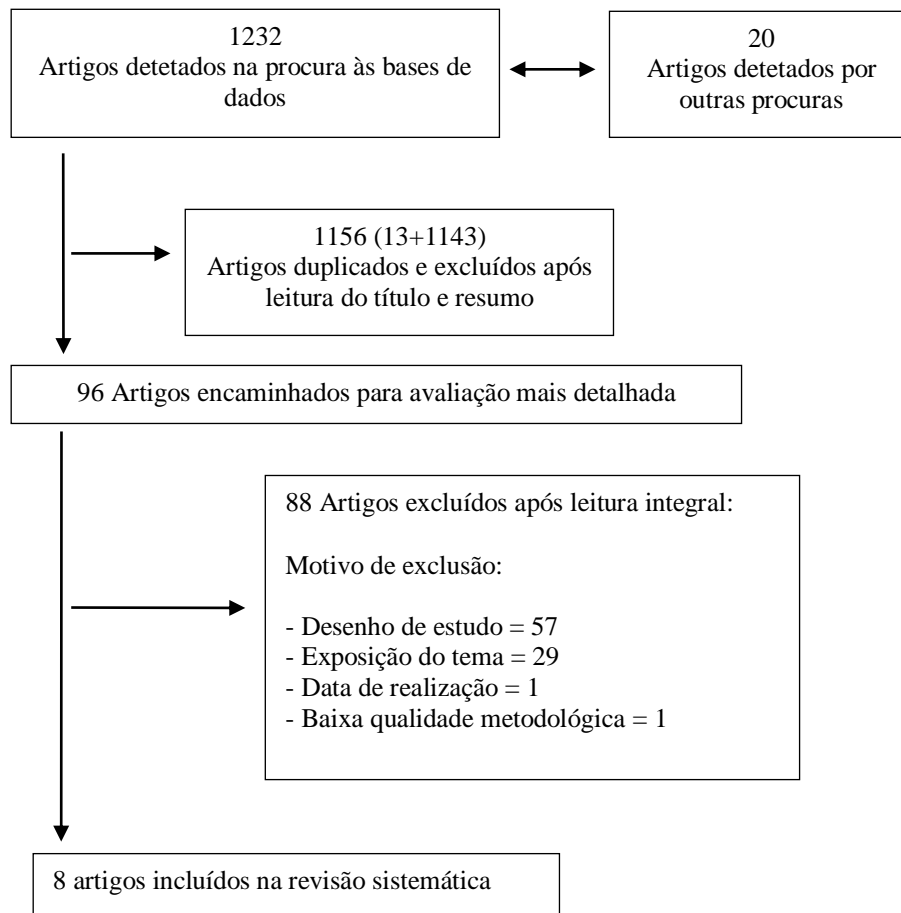
Posteriormente, os 96 estudos resultantes foram submetidos a leitura pormenorizada de forma a analisar detalhadamente os títulos, resumos e texto integral, tendo em conta os critérios de inclusão e exclusão definidos no protocolo de pesquisa. Desta análise, por não deterem os critérios de inclusão previamente estabelecidos foram excluídos 57 artigos pelo desenho de estudo, 29 artigos pela exposição do tema, 1 artigo pela data e 1 artigo por apresentar baixa qualidade metodológica.

Os artigos remanescentes aparentemente detinham os critérios de inclusão estabelecidos, pelo que, subsequentemente, todos os artigos selecionados foram revistos integralmente a fim de verificar a sua pertinência para a abordagem da temática.

Devido à pouca existência de artigos de alta qualidade e, também, pelo baixo nível de qualidade metodológica encontrada nos estudos RCT, especificamente com as características procuradas por este estudo, optou-se por utilizar uma abordagem mais pragmática e incluir estudos quase-experimentais. Neste sentido foram selecionados 5 artigos RCT e 3 artigos Q-ES considerados relevantes para esta revisão.

Na figura 1, consta o fluxograma onde estão representadas as fases de seleção dos estudos.

Figura 1. Fluxo da informação com as diferentes fases da pesquisa de artigos



Os estudos representados na tabela 1 são considerados segundo o desenho de estudo como estudos RCT, possuindo classificação verificada pela escala PEDro.

Tabela 1. Qualidade metodológica/ Risco de Viés, segundo a escala PEDro.

ESTUDO	DISTRIBUIÇÃO ALEATÓRIA DOS SUJEITOS	DISTRIBUIÇÃO CEGA DOS SUJEITOS	SIMILARIDADE INICIAL DOS GRUPOS	CEGUEIRA DOS SUJEITOS	CEGUEIRA DOS FISIOTERAPEUTAS	CEGUEIRA DOS AVALIADORES	FOLLOW-UP +85% DOS SUJEITOS	ANÁLISE TOTAL OU POR "INTENÇÃO DE TRATAMENTO"	ANÁLISE ESTATÍSTICA INTER-GRUPOS	MEDIDAS DE PRECISÃO E VARIABILIDADE	TOTAL
FUSARO A., ET AL. (2011)	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	6/10
LUFT A., ET AL. (2008)	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	5/10
SHIN J.-H. (2015)	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
KANG T.-W. (2016)	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4/10
YANG Y.-R., ET AL. (2007)	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7/10

Legenda: 0= Ausente; 1= Presente

Dos estudos envolvidos, 1 apresentou-se com pontuação 4/10, 2 com 5/10, 1 com 6/10 e com 7/10 apresentou-se 1 estudo. O preenchimento de cada critério segundo a escala PEDro, bem como o score total encontram-se discriminados na tabela 1 e ordenados por ordem alfabética de autores.

É notório em todos os artigos, a ausência da cegueira dos fisioterapeutas e dos sujeitos, bem como a presença da similaridade inicial dos grupos, da análise estatística intergrupos e das medidas de precisão e variabilidade.

No entanto mais 3 estudos Q-ES foram incluídos, sendo estes pontuados pela CAMQ (tabela 2).

Tabela 2. Qualidade metodológica dos estudos quase-experimentais incluídos, segundo a Checklist for the Assessment of the Methodological Quality

ESTUDO	CLAREZA DOS OBJETIVOS	CLAREZA DOS "OUTCOMES"	CARACTERÍSTICAS DOS PACIENTES	CLAREZA DAS INTERVENÇÕES	DISTRIBUIÇÃO DOS FATORES DE CONFUSÃO	ACHADOS PRINCIPAIS	ESTIMATIVAS DA VARIABILIDADE ALEATÓRIA	RELATO DE EVENTOS ADVERSOS	PACIENTES PERDIDOS DO "FOLLOW-UP"	RELATO DOS VALORES DE PROBABILIDADE	SUJEITOS REPRESENTANTES DE TODA A POPULAÇÃO	SUJEITOS REPRESENTANTES DA POPULAÇÃO DE ORIGEM	FUNCIONÁRIOS, LOCAIS E INSTALAÇÕES REPRESENTATIVOS DO QUE A MAIORIA DOS PACIENTES RECEBE	TENTATIVA DE CEGAR SUJEITOS ACERCA DA INTERVENÇÃO	TENTATIVA DE CEGAR AVALIADORES	ESCLARECIMENTO ACERCA DE RESULTADOS BASEADOS EM "DATA DREDGING"	ANÁLISE EM DIFERENTES PERÍODOS DO "FOLLOW-UP" PARA CASOS E PARA CONTROLOS	TESTES ESTATÍSTICOS PARA AVALIAÇÃO DE "OUTCOMES"	O CUMPRIMENTO DA INTERVENÇÃO FOI CONFIÁVEL	PRECISÃO DAS MEDIDAS DOS "OUTCOMES"	CASOS E CONTROLOS RECRUTADOS DA MESMA POPULAÇÃO	SUJEITOS RECRUTADOS NO MESMO PERÍODO DE TEMPO	SUJEITOS RANDOMIZADOS NOS GRUPOS DE INTERVENÇÃO	INTERVENÇÃO ALEATÓRIA ESCONDIRA DOS PACIENTES E PROFISSIONAIS DE SAÚDE	AJUSTE ADEQUADO PARA A CONFUSÃO NA ANÁLISE DE RESULTADOS	SE A PERDA DE PACIENTES DO "FOLLOW-UP" FOI TIDA EM CONSIDERAÇÃO	PODER PARA DETETAR UM EFEITO CLINICAMENTE IMPORTANTE	TOTAL
USTINOVA K. (2017)	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5	19/32
MEYNS P., ET AL. (2014)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5	18/32
BOVONSUN THONCHAI S., ET AL. (2012)	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5	20/32

Legenda: 0= Ausente; 1= Presente

Os estudos representados na tabela 2 são considerados segundo o desenho de estudo como estudos Q-ES, classificados com a CAMQ por dois revisores independentes ao estudo, como já referido anteriormente.

Os estudos envolvidos apresentaram classificações semelhantes como verificado através da tabela 2, onde 1 estudo se verificou com pontuação 18/32, 1 com 19/32 e 1 estudo apresentou classificação de 20/32. O preenchimento de cada critério segundo a CAMQ, bem como o score total encontram-se discriminados e ordenados por ordem alfabética de autores.

Tratando-se de estudos Q-ES, os itens relativos à randomização dos intervenientes não foram cumpridos. Tal como nos estudos RCT verificamos que não foi feita nenhuma tentativa de cegueira quer dos fisioterapeutas, quer dos sujeitos em estudo.

Por forma a dar resposta à nossa questão de investigação, esta revisão encontrou 8 estudos que foram de encontro aos critérios de inclusão previamente estabelecidos. O desenho dos estudos é experimental (RCT e Q-ES).

A tabela 3 pretende sumariar os dados principais dos estudos RCT e Q-ES obtidos.

Tabela 3. Características dos estudos incluídos na revisão sistemática.

ESTUDO	DESENHO	AMOSTRA	CONTEXTO	INSTRUMENTOS	INTERVENÇÃO	RESULTADOS	CONCLUSÕES
FUSARO A., ET AL. (2011)	RCT	37 adultos (19 grupo experimental, 18 outro grupo experimental), com média de idades de 52,5 anos.	AVE crónico (ambulatório).	SIS, BBS, FM e análise de marcha com T10 e TUG	Aplicação de restrição ao MMs 23h por dia, 5 dias por semana, durante quatro semanas.	Estas técnicas de modificação da terapia de uso forçado e terapia de movimento induzida por restrição influenciam o movimento do MMs contralateral, induzem um aumento na amplitude de movimento e modificam diretamente a coordenação entre os membros superiores e inferiores durante o ciclo da marcha.	É possível reabilitar a marcha dos pacientes com AVE com hemiparesia crónica usando modificações na terapia de uso forçado e terapia de movimento induzida por restrição. Estas mudanças produzem modificações positivas no equilíbrio e na marcha de pacientes pós AVE. Este estudo mostrou que a necessidade de usar o membro superior parético devido à imobilização do membro superior não parético, produziu benefícios adicionais. A coordenação entre membros superiores e inferiores parece ser dependente da tarefa.
LUFT A., ET AL. (2008)	RCT	71 adultos (37 grupo experimental, 34 grupo controlo), com média de idades de 63,4 anos.	AVE crónico (ambulatório).	fMRI e análise de marcha com T10 e 6MWT.	Programa de exercícios de 40 minutos, três vezes por semana, durante 6 meses.	O treino de marcha repetitivo em passeadeira melhorou a aptidão e a marcha, recrutando circuitos neurais no mesencéfalo e no cerebelo, bem como nas áreas corticais frontal, temporal e parietal em sobreviventes hemiparéticos de AVE crónico. O recrutamento subcortical foi associado ao aumento da velocidade de marcha na passeadeira.	O movimento- aprendizagem das extremidades superiores está ligado principalmente à plasticidade cortical, embora o cerebelo e os gânglios basais possam sofrer adaptações de curto prazo em fases de aprendizagem precoce. Ao recuperar a função das extremidades superiores, vários estudos indicam aumento da ativação bilateral seguido de reduções na ativação cerebral ("foco") meses após AVE. As redes subcorticais podem ser um local de plasticidade ou ativação compensatória, e o seu recrutamento pode ser um mecanismo pelo qual o treino de marcha em passeadeira melhora a marcha no AVE hemiparético.
SHIN J.-H. (2015)	RCT	20 adultos (10 grupo experimental, 10 grupo controlo), com média de idades de 53,4 anos.	AVE (ambulatório).	Testes TUG, DGI e 6MWT.	Programa de exercícios de 30 minutos, 3 vezes por semana, durante 4 semanas.	Não foi encontrada diferença significativa nos valores dos grupos de treino de marcha em passeadeira, com "balanço de braço" e "braço fixo". No entanto a melhoria do grupo com "balanço de braço" após a intervenção teve valores próximos do nível de significância. O grupo com "balanço de braço" demonstrou melhoria significativa no DGI, comparado com o "braço fixo".	O balanço do MMs durante a marcha ajuda os pacientes pós AVE a concentrar-se na consciência do membro superior afetado. Além disso, o balanço dos MMs ajudou estes sujeitos a reconhecer seus MMs como um mecanismo de feedback, o que é bom para a adaptação postural e a manutenção do equilíbrio, bem como para minimizar o desvio do centro de gravidade do corpo, reduzindo assim o esforço muscular e o consumo de energia durante a marcha. Assim, o treino de marcha em passeadeira pode ser considerado um método que melhora a marcha global e capacidade de equilíbrio dinâmico de pacientes com AVE.

KANG T.-W. (2016)	RCT	30 adultos (15 grupo experimental, 15 outro grupo experimental), com média de idades de 57,4 anos.	AVE crónico (comunidade).	TUG, 10MWT e 6MWT. Outros registos com BBS, Tetrax e MBI.	Programa de exercícios de 30 minutos, 5 vezes por semana, durante 6 semanas.	Todas as medidas de equilíbrio, marcha e atividades de vida diária melhoraram significativamente em ambos os grupos após as intervenções. No entanto, o treino de marcha nórdico foi associado a melhorias mais significativas destas componentes.	Os MMs ajudam a estabilizar o corpo durante a marcha. O movimento dos MMs oposto aos inferiores neutraliza o momento angular dos MMi e reduz a necessidade de estabilização, como aumentar a força muscular do tronco e controlar a largura do passo. Ou seja, os movimentos repetitivos dos MMs induzem a atividade muscular dos MMi, isto é, o feedback aferente dos movimentos dos MMs aumenta a função muscular dos MMi. Este resultado é baseado nos GPC's durante a locomoção.
YANG Y.-R., ET AL. (2007)	RCT	25 adultos (13 grupo experimental, 12 grupo controlo), com média de idades de 59,3 anos.	AVE crónico (comunidade).	GAITRite	Programa de exercícios de 30 minutos, 3 vezes por semana, durante 4 semanas.	Um programa de exercícios para melhorar a capacidade de marcha baseado na dupla-tarefa (marcha + tarefa MMs), foi eficaz em população com AVE crónico. A velocidade de marcha foi melhorada e a sua eficácia foi melhorada depois da intervenção.	A razão para o efeito positivo da dupla tarefa, baseia-se na utilização de um programa orientado a um objetivo funcional. A atividade muscular coordenada pode ser estimulada com a utilização de exercícios de alta performance. O recurso à manipulação de uma bola com os MMs pode promover <i>feedback</i> relevante na tarefa da marcha. O movimento da bola transmite essa informação de <i>feedback</i> , ajudando o sujeito a integrar tarefas motoras num ambiente complexo.
USTINOVA K. (2017)	Q-ES	20 adultos (10 grupo experimental, 10 grupo controlo), com média de idades de 44,45 anos.	TCE (contexto clínico não especificado).	Vicon - Plug-in-gait e análise de marcha com BBS, FGA, Ataxia test.	Programa de treino de marcha durante 12m.	O TCE afeta o balanço dos MMs e a coordenação entre os MMs e os MMi durante a marcha. Quando o balanço dos MMs foi enfatizado como um parâmetro de controle, a coordenação foi melhorada não apenas entre os MMs, mas também entre os MMi e entre o MMs e o MMi contralateral em ambos os grupos.	Os resultados deste estudo sugerem que os circuitos neuronais que interligam os músculos dos MMs e dos MMi para a locomoção são preservados após lesão cerebral. Além disso, o acoplamento neuronal entre as quatro extremidades ainda pode ser adaptado de maneira dependente da tarefa, de forma semelhante a indivíduos saudáveis. Esta pesquisa ilustra o facto de que o aumento do balanço dos MMs pode melhorar a coordenação entre os MMs e os MMi durante a marcha e isso deve ser levado em consideração aquando do planeamento das atividades de treino de marcha nesta população de pacientes.
MEYNS P., ET AL. (2014)	Q-ES	49 crianças (26 grupo experimental, 23 grupo controlo), com média de idades de 8,4 anos.	Paralisia Cerebral (contexto clínico não especificado).	Plug-in-gait	Programa de treino de marcha para a frente e para trás, durante 10m	Crianças com PC, assim como os controlos, moveram os MMs e MMi num padrão de coordenação idêntico, independentemente da direção da marcha e moveram os seus MMs usualmente uma vez por	Um primeiro grande resultado do presente estudo é que o mesmo tipo básico de coordenação entre membros estava presente durante a marcha para a frente e marcha para trás, em todos os grupos estudados. As semelhanças entre os controlos e o grupo experimental indicam que a reversão

							ciclo de movimento dos MMi (ou seja, relação de balanço de MMs e MMi 1:1).	cinemática simples de marcha para a frente para marcha para trás é amplamente independente dos déficits corticais. Esta descoberta suporta a suposição de que, o mecanismo de controle neural da coordenação entre membros provavelmente dependerá principalmente de mecanismos subcorticais (por exemplo, GPC de tronco cerebral e espinhal).
BOVONSUNT HONCHAI S., ET AL. (2012)	Q-ES	60 adultos (30 grupo experimental, 30 grupo controlo), com média de idades de 53,1 anos.	AVE (ambulatório).	Plug-in-Gait, MAS.	FM,	Programa de treino de marcha com implementação de velocidade elevada	Os indivíduos com AVE apresentaram uma ampla gama de coeficientes de correlação e atrasos temporais do ombro e do quadril contralateral quando comparados aos controlos. Foi também significativa a correlação da coordenação entre o ombro, o quadril contralateral e a velocidade de marcha nos indivíduos com AVE, mas não nos controlos.	Em indivíduos com AVE, a descoordenação do movimento pode vir de sinergias musculares posturais desorganizadas e de co-contracção muscular excessiva. Além disso, maior transferência de peso em direção ao lado não afetado e os padrões de movimento compensatório, como movimentos excessivos de quadril e joelho, geralmente ocorrem durante a marcha. Foi sugerido que o membro superior contralesional era a parte crítica a ser influenciada durante a coordenação do membro superior e inferior contralateral. Numa velocidade de marcha confortável, existe uma maior relação da velocidade e da coordenação do membro superior ipsi e membro inferior contra, do que na coordenação do membro superior contra e do membro inferior ipsi.

Legenda: 6/10MWT – 6/10 minute Walk Test; ASA – Arm Swing Assymetry; BBS – Berg Balance Scale; FGA – Functional Gait Assessment; FM – Fugi-Meyer Motor Assessment; fMRI - Functional Magnetic Ressonance Imaging; IRP – Instantaneous Relative Fase; ; MAS - Modified Ashworth Scale; MBI - Modified Barthel Index; MXC – Maximal Cross-Correlation; SIS – Stroke Impact Scale; T10 – 10 Meter Walk Test; TUG – Timed up & Go Test.

3.1. Participantes

De acordo com a metodologia descrita, os estudos selecionados incluem sujeitos adultos ou crianças, sem demarcação em relação à idade, uma vez que a pesquisa apenas abrange sujeitos com capacidade de marcha, ou seja, com esta referência de pesquisa delimitou-se automaticamente a população em estudo. Neste sentido, 7 estudos incluem população adulta, (Fuzaro, et al., 2011; Luft, et al., 2008; Shin, 2015; Kang, 2016; Yang, et al., 2007; Ustinova, 2017; Bovonsunthonchai, et al., 2012); e apenas 1 estudo incluiu ensaio clínico acerca da coordenação da marcha em crianças (Meyns, et al., 2014).

3.2. Diagnóstico

Os estudos resultantes desta pesquisa são pouco heterogêneos relativamente às patologias abordadas, incorporando 6 estudos referentes a Acidentes Vasculares Encefálicos (Yang, et al., 2007; Shin, 2015; Fuzaro, et al., 2011; Kang, 2016; Luft, et al., 2008; Bovonsunthonchai, et al., 2012), 1 referente a Paralisia Cerebral (Meyns, et al., 2014) e 1 referente a Traumatismo Crânio-Encefálico (Ustinova, 2017).

3.3. Instrumentos

De forma geral, os instrumentos de avaliação encontrados pretendem avaliar diferentes aspectos da marcha, tendo em conta as propriedades psicométricas dos sujeitos, mas também o objetivo de cada estudo, cuja relação dos membros na marcha se pretende avaliar. Além de instrumentos específicos a cada população, são também genericamente utilizadas ferramentas como a avaliação das habilidades funcionais ou do equilíbrio.

Em várias ocasiões a avaliação dos componentes da marcha é efetuada através do registo de vídeo *Vicon - Plug-in-Gait*, como o verificado nos estudos de Ustinova, (2017), Meyns, et al., (2014) e Bovonsunthonchai, et al., (2012), bem como com recurso aos testes *Timed Up and Go* (TUG) (Fuzaro, et al., 2011; Shin, 2015; Kang, 2016) e os registos *6/10-Minute Walk Test* (6/10MWT) (Shin, 2015; Luft, et al., 2008; Kang, 2016). Outras referências importantes incluem recurso ao sistema *GAITRite* (Yang, et al., 2007), *Functional Magnetic Resonance Imaging* (fMRI) (Luft, et al., 2008), *Stroke Impact Scale* (SIS), *Berg Balance Scale* (BBS), *Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery* (FM) (Fuzaro, et al., 2011), *Tetra-Ataxiometric Posturography* (Tetrax) (Kang, 2016) e *Dynamic Gait Index* (DGI) (Shin, 2015).

3.4. Intervenção

Os programas de intervenção dos estudos incluídos abrangem essencialmente estratégias de manipulação dos componentes da marcha, como sendo a amplitude de movimento dos membros ou a velocidade de marcha, de forma a poder influenciar a coordenação dos membros durante esta tarefa. Normalmente este programa de intervenção é efetivado recorrendo ao treino de marcha no solo (Yang, et al., 2007; Fuzaro, et al., 2011; Bovonsunthonchai, et al., 2012; Ustinova, 2017; Meyns, et al., 2014) e ao treino de marcha em passadeira (Shin, 2015; Kang, et al., 2016; Luft, et al., 2008).

Como previsto no protocolo de estudo inicial estes programas incluem estratégias como marcha para trás, programas de exercícios baseado na dupla tarefa (MMs+MMi), a exploração e/ou facilitação do balanço dos membros durante a marcha em passadeira ou no solo, bem como a manipulação da velocidade da marcha como componentes importantes na relação de coordenação dos membros. Estas estratégias serão seguidamente analisadas de forma individualizada.

4. Discussão

Atualmente é fundamental focar a importância crescente dos programas de intervenção de maior evidência na análise da relação dos membros na tarefa da marcha. Procedendo a uma avaliação mais aprofundada, os profissionais poderão conhecer melhor os efeitos destes programas de intervenção, podendo aperfeiçoar o programa de reabilitação utilizando técnicas mais adequadas. Esta revisão sistemática teve como principal objetivo uma análise criteriosa dos programas de avaliação e respetiva intervenção, bem como dos seus efeitos, abordados na análise da inter-relação dos membros na marcha, tendo em conta diferentes populações neurológicas.

A utilização de formatos predefinidos para execução de revisões sistemáticas, no caso presente a PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis*, assim como de ferramentas capazes de analisar objetivamente o risco de viés global e para cada artigo, utilizando os critérios de PEDro, bem como da CAMQ (*Checklist for the assessment of the methodological quality*), permitiram a sistematização de procedimentos e uma maior objetividade na apresentação dos resultados e conclusões acerca da validade dos estudos incluídos.

A pesquisa realizada nas bases de dados foi inicialmente limitada a estudos controlados e randomizados (RCT), no entanto, por não existirem muitos estudos RCT acerca deste tema, foram adicionados outro tipo de estudos controlados, os estudos quase-experimentais (Q-ES), que quando corretamente desenvolvidos, estes também apresentam o desenho de estudo ideal para a avaliação da efetividade de intervenções na área da saúde.

O método quase-experimental é caracterizado principalmente por uma escolha não aleatória dos sujeitos e por não necessitar de longos períodos de observação e recolha de dados. Trata-se de estudos que testam uma hipótese, eliminando múltiplas variáveis, pretendendo acima de tudo levantar questões pertinentes, que permitam reflexões para uma futura fundamentação teórica sobre o tema (Gonçalves e Nunes, 2004).

Na presente revisão foram considerados 3 estudos Q-ES, além dos 5 estudos RCT selecionados pela sua relevância ao tema.

Para avaliação do rigor metodológico dos estudos RCT, verificou-se que os mesmos já pontuados pela escala PEDro, apresentavam um rigor metodológico bastante aceitável (entre 4/10 e 7/10) tendo sido excluído um estudo por apresentar fraca qualidade metodológica, com pontuação inferior a 4/10.

De acordo com a tabela 1 podemos observar que nenhum estudo preencheu os critérios “cegueira dos sujeitos” e “cegueira dos fisioterapeutas” pelo facto de, neste tipo de ensaios, não ser possível cegar quem lidera a intervenção e quem a recebe, relativamente ao grupo de controlo e grupo experimental (Morton, 2009). Outro fator relevante será o facto de, também, nenhum estudo cumprir o requisito “análise total ou por intenção de tratamento”, pois esta estratégia preserva o benefício da randomização e, conseqüentemente, o efeito observado será realmente devido ao tratamento designado.

Para a avaliação da qualidade metodológica dos estudos Q-ES foi utilizada a CAMQ, refletindo este procedimento uma homogeneidade relevante na qualidade destes estudos, com pontuações situadas entre 18/32 e 20/32 valores.

Pela classificação metodológica anteriormente referida, estes estudos não cumprem nenhuma tentativa de cegueira quer dos sujeitos, quer dos investigadores. Outros critérios deveriam ser tidos em conta de forma a potenciar a validade desses estudos, tal como um melhor esclarecimento acerca da origem e processo de seleção dos sujeitos incluídos, bem como no esclarecimento de eventuais perdas do “follow-up”.

Dos estudos RCT incluídos nesta revisão, apenas um estudo (Yang, et al., 2007) apresenta um grupo de controlo no qual não foi realizado qualquer tipo de intervenção, os restantes estudos apresentam grupos de controlo que receberam tratamentos de diferentes características do grupo experimental. Relativamente aos estudos Q-ES, dois estudos incluem grupos controlo com sujeitos saudáveis, que receberam a mesma intervenção do grupo experimental (com patologia neurológica) e um estudo (Meyns, et al., 2014) faz referência a dois grupos (experimental e controlo) com diferentes patologias neurológicas, que receberam a mesma intervenção.

No entanto, neste tipo de estudos será robusto optar por um grupo de controlo, alvo de pré-teste e de pós-teste (Landsheere, 1979), mas com ausência da intervenção ou do impacto da variável experimental (independente), ou da sua manipulação (Almeida e Freire, 1997), sendo equivalente, do ponto de vista da amostragem, ao grupo experimental.

A inter-relação de coordenação dos membros assume uma importância relevante durante a tarefa da marcha, uma vez que as interrupções da coordenação entre as extremidades superior e inferior foram associadas a um declínio da velocidade de marcha (Kwakkel and Wagenaar, 2002; Meyns, et al., 2012), bem como da estabilidade dinâmica em relação ao controlo do centro de massa durante esta tarefa (Krasovsky, et al., 2012). Portanto, a inter-relação de coordenação dos membros é particularmente importante para

manter a estabilidade em indivíduos com instabilidade da marcha e postural (Ryan, et al., 2012).

Relativamente aos estudos RCT, todos referentes a acidentes vasculares encefálicos (AVE), existe uma associação evidente do balanço dos membros superiores (MMs) à melhoria de componentes como a capacidade e velocidade de marcha ou do equilíbrio nesta tarefa dinâmica.

Os estudos Q-ES, curiosamente, centram mais o seu objetivo no que será a relação de coordenação dos membros propriamente dita, bem como a capacidade de explorar esta vertente em diferentes patologias do foro neurológico.

A maioria dos estudos fazem referência ao método de seleção dos intervenientes, bem como à descrição da sua origem, que de forma geral são provenientes da comunidade ou utentes recrutados em contexto clínico/ hospitalar. De salientar que os estudos de Ustinova (2017) e Meyns, et al. (2014) não mencionam a origem dos participantes incluídos nos seus estudos. Todos os estudos descrevem, alguns de forma sucinta, os critérios de inclusão e exclusão dos participantes.

Relativamente aos diagnósticos descritos, apenas os estudos de Yang, et al., (2007) e Luft, et al., (2008) fazem referência à confirmação do mesmo por meio de entrevista dos participantes, por relatório médico ou através da consulta do processo clínico. Três estudos (Shin, 2015; Fuzaro, et al., 2011; Bovonsunthonchai, et al., 2012) não fazem alusão a confirmação do diagnóstico, mas fazem referência a utentes de meio clínico/ hospitalar, pelo que se depreende a sua exatidão. Os estudos restantes (Kang, et al., 2016; Ustinova, 2017; Meyns, et al., 2014) não fazem referência ao processo de confirmação do diagnóstico nem ao contexto em que foram realizados.

De forma a comparar as modificações introduzidas pelas intervenções descritas, os estudos utilizam diversas ferramentas para avaliação do desempenho da marcha, mobilidade, equilíbrio, habilidades funcionais, entre outros. Estes parâmetros registados antes e após as intervenções, permitiram posteriormente identificar as mudanças introduzidas nos diferentes componentes da marcha, como por exemplo na rotação do tronco, no comprimento do passo, na resistência ou na coordenação dos membros. Esta última componente verificou-se como foco desta revisão.

De entre os instrumentos mais utilizados, comuns a alguns dos estudos incluídos, estão o registo vídeo Plug-in-gait / Vícon, os testes TUG, 6/10MWT e Fugl-Meyer Assessment.

A frequência de movimento dos MMs durante o ciclo da marcha, ou o rácio de movimento MMs/ membros inferiores (MMi), são frequentemente utilizados como

parâmetros de comparação da relação de coordenação dos membros (Wagenaar and Van Emmerik, 2000).

Como o principal objetivo desta revisão sistemática é verificar a relevância das intervenções abordadas, a exploração de cada uma destas estratégias torna-se fundamental.

Os estudos já desenvolvidos acerca da inter-relação dos membros, normalmente envolveram estratégias de intervenção para melhorar o equilíbrio incluindo treino mecânico de equilíbrio, treino multissensorial, exercícios orientados a tarefas e exercícios de tronco (Goljar, et al., 2010; Onigbinde, 2009). Além disso, métodos para melhorar a capacidade de marcha envolveram terapias de neurodesenvolvimento, exercícios orientados a tarefas, uso de passadeira e treino de marcha nórdico (Ada, et al., 2003; Figueiredo, et al., 2013).

Yang, et al., (2007) concluíram que a abordagem da dupla-tarefa foi importante na melhoria da aptidão da marcha bem como da sua velocidade e a reprodução da dupla-tarefa em sujeitos com AVE, neste caso o treino de marcha com manipulação de uma bola (como extensão dos MMs), enquanto associados a diversos exercícios predefinidos, demonstra benefícios para a função locomotora compatível com uma atividade muscular coordenada de grande exigência muscular. Este programa demonstrou eficácia na melhoria de diversas componentes da marcha, bem como um interesse acrescido para os sujeitos na promoção da sua participação (Yang, et al., 2007).

Explorando a facilitação do movimento dos MMs, através de bastões nórdicos e estímulos auditivos, Shin (2015) conclui que o balanço dos MMs durante a marcha ajuda sujeitos com sequelas de AVE a reconhecer os MMs como benefício para as adaptações posturais e manutenção do equilíbrio, bem como para minimizar o desvio do centro de gravidade do corpo, reduzindo assim o esforço muscular e o consumo de energia durante esta tarefa. O grupo sem restrição dos MMs apresentou melhorias importantes nas componentes descritas em relação ao grupo com MMs restringidos. A exploração deste modelo também já havia sido relatada no passado como modelo importante para a consciencialização do membro superior do lado afetado, ou contralesional (Faghri, et al., 1994).

O balanço dos MMs na marcha está diretamente relacionado com o equilíbrio perante a mudança do alinhamento do tronco. O recurso a estratégias com movimento do membro superior contralesional, permitem um padrão de marcha de maior controlo a este nível, potenciando o equilíbrio dinâmico na tarefa (Dobkin BH., 2007).

No estudo realizado por Ustinova (2017) sobre sujeitos com traumatismo crânio-encefálico (TCE), verificamos o mesmo pressuposto de que, o movimento dos MMs pode ser um parâmetro que, quando controlado, beneficiará a relação dos membros durante a marcha. Quando estes sujeitos aumentam a amplitude de movimento dos MMs nesta tarefa, verifica-se uma estabilização da deslocação e da coordenação inter-membros, nomeadamente na amplitude de movimentos do tronco, ombros e coxo-femorais.

Kang, et al. (2016) definem também no seu estudo em sujeitos com AVE, que o movimento repetitivo dos MMs, induz a atividade muscular dos MMi, isto é, o feedback aferente do movimento dos MMs aumenta a função muscular dos MMi. O estudo utilizou um programa específico de treino de marcha nórdico (NTT), que terminou como mais efetivo que o treino em passadeira vulgar.

Perante estas conclusões, podemos afirmar que o movimento dos MMs é, portanto, responsável por facilitar a atividade muscular dos MMi (De Kam, et al., 2013).

Num contexto diferente, Fuzaro, et al. (2011), propõem uma abordagem baseada na terapia de constrição com indução de movimento e terapia de uso forçado, fazendo referência a duas abordagens idênticas, uma contendo treino de exercícios com membro restringido, outra apenas com membro restringido, sem treino de exercícios. Estas estratégias foram desenvolvidas objetivando a reversão do desuso do membro superior parético e demonstraram capacidade de influência e indução da amplitude de movimento do membro superior contralateral. Modificações destas estratégias também apresentaram influência direta na coordenação entre os membros superiores e inferiores durante a marcha, colocando este modelo como estratégia viável na reabilitação do equilíbrio e da marcha.

No estudo de Luft, et al., (2008), também o treino repetitivo em passadeira com duração e intensidade progressivas se mostrou benéfico na reabilitação da marcha, recrutando circuitos neurais no mesencéfalo e cerebelo, bem como nas áreas corticais frontal, temporal e parietal em sujeitos com hemiparesia crónica por AVE. A ativação cerebral observada por Ressonância Magnética funcional (fMRI) sugerem a existência de mecanismos de neuro-plasticidade pelos quais o treino em passadeira restaura a capacidade locomotora e as habilidades de marcha funcional.

Importante será o facto de que grande parte dos estudos incluídos nesta revisão sugerem uma relação importante da velocidade da marcha com a coordenação dos membros. Sujeitos que marcham com maior velocidade, demonstram maior relação de

coordenação entre os membros. Contudo, não foram verificadas alterações significativas na velocidade da marcha com a indução do movimento dos MMs (Ustinova, 2017).

Através da modificação da velocidade da marcha, Bovonsunthonchai, et al. (2012) propuseram uma associação relevante entre este fator e a coordenação do membro superior e inferior contralateral. Esta relação verifica-se de maior influência entre o membro superior ipsilesional e o membro inferior contralesional, ou seja, a relação de coordenação que envolve o membro superior contralesional e o membro inferior ipsilesional será mais difícil de influenciar. Por este motivo, um padrão estratégico de uso do membro superior ipsilesional para a progressão da marcha parece ser geralmente selecionado por indivíduos com AVE, para compensar o movimento do membro inferior contralesional enquanto caminham (Bovonsunthonchai, et al., 2012).

O estudo de Meyns (2014) com especificidade algo distinta dos restantes, concluiu que o mesmo tipo básico de coordenação entre membros estava presente durante a marcha para a frente (MF) e a marcha para a retaguarda (MR), em todos os grupos estudados. Crianças com paralisia cerebral como os controlos, movimentaram os membros com padrão de coordenação idêntico, independentemente da direção da marcha, e movimentaram os MMs geralmente uma vez por ciclo de movimento dos MMi (ou seja, relação de balanço MMs/MMi 1:1). As semelhanças entre crianças do grupo experimental e do grupo controlo, indicam que a simples reversão cinemática de MF para MR é amplamente independente dos déficits corticais, como havíamos constatado anteriormente. A evidência coloca também a estratégia de MR como ferramenta útil, em alguns casos, na melhoria da MF.

O movimento dos MMs durante a marcha, por vezes promovido com uma tarefa funcional específica, é referenciado em várias ocasiões nos estudos incluídos (Yang, et al., 2007; Shin, 2015; Kang, et al., 2016), como mecanismo de feedback acerca do meio externo envolvente. Este procedimento parece ajudar os sujeitos a integrar as tarefas motoras num ambiente complexo, potenciando a aquisição de novas competências, evidenciando uma abordagem importante contemplada nas intervenções atualizadas de reabilitação neurológica.

O resultado destes estudos é fundamentado pela interação ou organização de sistemas neurais e mecânicos, nomeadamente a dinâmica musculoesquelética, circuitos neurais locais - Geradores de Padrão Central (GPC), a modulação pelos centros nervosos superiores e a modulação aferente (Arechavaleta, 2008; Borghese, 1996; Horak, 1996; Mazzaro, 2005; McCollum, 1995; Segers, 2006).

O CPG locomotor de vertebrados compreende uma rede distribuída de interneurónios e neurónios motores, que após estimulação apropriada, gera um ritmo motor organizado, mesmo na ausência de feedback externo ou controlo supraespinal, que replica os padrões de atividade motora observados durante tarefas repetitivas locomotoras, como caminhar e nadar (Dietz, 2001, 2002).

Tomando como exemplo os mamíferos quadrúpedes, os GPC da coluna vertebral formam uma rede distribuída com centros nos níveis cervical e lombar, que controlam os membros anteriores e posteriores, respetivamente (Grillner, 1975; Orlovsky, 1999).

A coordenação de ambos os circuitos é mediada por neurónios próprioespinais com longos axónios, que abrangem as ampliações cervical e lombar da medula espinal (Cazalets, et al., 2000; Miller, et al., 1975), também presentes em seres humanos (Nathan, et al., 1996). Ou seja, a relação dos membros durante a marcha, isto é, a excitação corticoespinal dos motoneurónios dos membros superiores é mediada por longos neurónios próprioespinais na medula espinal cervical ou no tronco encefálico (Michel, et al., 2008; Calancie, et al., 1996).

Pesquisas anatómicas e fisiológicas durante a segunda metade do século 20 confirmaram que esta rede intra-espinal de neurónios próprioespinais desempenha um papel crítico nos reflexos motores, movimentos voluntários e processamento sensorial (Alstermark et al., 2007; Conta and Stelzner, 2009; Cowley et al., 2010; Foreman, 2000; Jankowska, 1992; Kostyuk and Vasilenko, 1979; Pierrot-Deseilligny and Burke, 2005).

Estudos feitos em ratos indicam que a região locomotora mesencefálica também pode estar envolvida na relação de coordenação inter-membros. Nos vertebrados uma ativação unilateral da região mesencefálica produz marcha bilateral simétrica (Brocard, et al., 2010). No entanto, dificilmente pode ser excluído o contributo de outros centros supraespinais.

Embora o mecanismo de controlo neural da inter-relação dos membros, pareça depender principalmente de mecanismos sub-corticais, quanto maior for o défice cortical (com maior atingimento bilateral), maior será o impacto na relação de coordenação dos membros (Meyns, et al., 2013). Isto vai de encontro à ideia da organização hierárquica do controlo locomotor, que indica que a coordenação entre os membros é aumentada, quanto maior for a área cerebral supra-espinal disponível (Duysens, et al., 2004).

Em suma, o sistema próprioespinal é organizado estrategicamente para integrar sinais de centros supraespinais (e espinais) com os da periferia, para garantir que os motoneurónios recebam comandos motores atualizados e precisos. Os neurónios

proprioespinais parecem ser um elemento chave na “renovação” dos circuitos espinais após lesão neurológica, contudo os mecanismos precisos que impulsionam a sua plasticidade ainda estão por ser esclarecidos (Flynn, et al., 2011).

A demonstração de uma interação entre circuitos neuronais cervical e toraco-lombar em seres humanos, tem relevância para a reabilitação de sujeitos que sofreram lesões do sistema nervoso central. Por exemplo, o envolvimento de movimentos dos MMs na reabilitação pode ter um efeito positivo na capacidade locomotora desses pacientes, como se verificou em todos os estudos desta revisão.

Os resultados dos estudos obtidos sustentam o pressuposto de que as modificações introduzidas influenciam a coordenação entre os MMs, mas também entre os MMi, bem como a relação contralateral de ambos.

Se o objetivo de qualquer destas medidas terapêuticas é melhorar o padrão de marcha, potenciar a coordenação, reduzir o risco de queda ou fazer com que o paciente melhore as suas aptidões diárias, os resultados encontrados em todos os estudos admitidos refletem objetivamente melhorias destes componentes.

Apesar da aplicabilidade dos resultados desta revisão sistemática, esta apresenta algumas limitações por um considerável número de fatores, como sejam o número de estudos incluídos, a qualidade metodológica, o número de participantes e a heterogeneidade das estratégias de intervenção incluídos.

Além disso, como quase a totalidade dos estudos deram preferência a amostras populacionais provenientes de meio clínico/ hospitalar, as presentes conclusões poderão sofrer de um enviesamento de seleção não intencional nem previsto na metodologia prévia à realização desta revisão sistemática, pois existem pacientes da comunidade que deixam de integrar planos de reabilitação em fase precoce e têm níveis de incapacidade superiores. Da mesma forma como os critérios de inclusão e exclusão restringem as amostras em estudo, nomeadamente pela capacidade de marcha independente, estas poderão não ser representativas da maioria das populações com patologia neurológica, atendendo à exclusão de pacientes com grandes dificuldades ou até incapazes da realização da marcha.

Existe, portanto, muita necessidade e urgência de mais estudos RCT, com rigor metodológico que estudem diferentes ramos de atuação, fundamentalmente com programas corretamente desenhados, descritos e avaliados clinicamente.

No futuro serão necessárias mais investigações no sentido de compreender os efeitos dos programas de intervenção. A qualidade metodológica dos estudos randomizados deve ser melhorada, os desenhos dos estudos devem ser mais rigorosos e os efeitos a longo

prazo devem ser monitorizados e estandardizados. Os tempos de follow-up devem ser alargados para verificar as alterações, o que por sua vez pode levar a um melhor controlo das disfunções causadas pela patologia, da intervenção dos profissionais e à melhoria dos resultados obtidos.

Assim, a exploração das componentes de coordenação entre membros em doentes neurológicos é uma área de intervenção cujo desenvolvimento merece ser mais ponderada e divulgada no futuro, avaliando o seu efetivo benefício, pois pode dar uma contribuição positiva para o acompanhamento mais eficaz das disfunções neurológicas.

5. Conclusão

Face aos programas de intervenção apresentados e perante as modificações dos componentes da marcha introduzidos, é possível determinar a influência das mesmas na relação de coordenação dos membros na marcha, para beneficiação do padrão locomotor de várias populações neurológicas. A abordagem ao plano de reabilitação com envolvimento dos MMs pode, portanto, representar um efeito importante e benéfico na recuperação da capacidade locomotora desses pacientes.

6. Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer os comentários, sugestões e disponibilidade demonstrada pelo Prof. MSc Alexandre Lopes e pela Prof^a. Dra. Augusta Silva, que permitiram e em muito contribuíram para a realização desta revisão sistemática, bem como aos Fisioterapeutas Carla Marcos e David Garcia (Unidade de Cuidados Continuados de Freixo de Espada à Cinta), pela seleção e classificação dos estudos solicitados.

7. Referências Bibliográficas

- Ada, L.; Dean, C.M.; Hall, J.M.; Bampton, J.; Crompton, S. (2003). *A treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: a placebo-controlled, randomized trial*. Arch Phys Med Rehabil, 84: 1486-91.
- Almeida, Leandro; Freire, Teresa (1997). *Metodologia da investigação em psicologia e educação*. Coimbra: APPORT.
- Alstermark. B.; Isa, T.; Pettersson, L.G.; Sasaki, S. (2007). *The C3 e C4 propriospinal system in the cat and monkey: a spinal pre-motoneuronal centre for voluntary motor control*. Acta Physiol. (Oxf), 189: 123-140.
- Arechavaleta, G.; Laumond, J.P.; Hicheur, H.; Berthoz, A. (2008). *An Optimality Principle Governing Human Walking*. IEEE Transactions on Robotics, 24: 5–14.
- Barthelemy, D.; Nielsen, J.B. (2010). *Corticospinal contribution to arm muscle activity during human walking*. The Journal of Physiology, 588: 967–79.
- Behrman, A. L.; Harkema, S. J. (2000). *Locomotor training after human spinal cord injury: A series of case studies*. Physical Therapy, 80: 688–700.
- Bettany-Saltikov, J. (2012). *How to do a Systematic Literature Review in Nursing. A step-by-step guide*. England: Mc Graw Hill.
- Bondi, M.; Zeilig G.; Bloch, A.; Fasano, A.; Plotnik, M. (2017). *Split-arm swinging: the effect of arm swinging manipulation on inter-limb coordination during walking*. Journal of Neurophysiology, 118(2): 1021–1033.
- Borghese, N. A.; Bianchi, L.; Lacquaniti, F. (1996). *Kinematic determinants of human locomotion*. The Journal of Phisiology, 494(3): 863–879.
- Bovonsunthonchai, S.; Hiengkaew, V.; Vachalathiti, R.; Vongsirinavarat, M.; Tretriluxana, J. (2012). *Effect of speed on the upper and contralateral lower limb coordination during gait in individuals with stroke*. Kaohsiung Journal of Medical Sciences, 28: 667–672.
- Brocard, F. et al. (2010). *The transformation of a unilateral locomotor command into a symmetrical bilateral activation in the brainstem*. J Neurosci, 30: 523–533.
- Bruijn, S. M.; Meijer, O. G.; van Dieën, J. H.; Kingma, I. & Lamoth, C. J. C. (2008). *Coordination of leg swing, thorax rotations, and pelvis rotations during gait: The organisation of total body angular momentum*. Gait Posture, 27(3): 455–462.
- Calancie, B. et al. (1996). *Central nervous system plasticity after spinal cord injury in*

- man: interlimb reflexes and the influence of cutaneous stimulation.* *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 101: 304–315.
- Carpinella, I.; Crenna, P.; Marzegan, A.; Rabuffetti, M.; Rizzone, M.; Lopiano, L. et al. (2007). *Effect of L-dopa and subthalamic nucleus stimulation on arm and leg swing during gait in Parkinson's Disease.* *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.*, 6665–8.
- Cazalets, J.R. et al. (2000). *Coupling between lumbar and sacral motor networks in the neonatal rat spinal cord.* *Eur J Neurosci*, 12: 2993–3002
- Collins, S. H.; Adamczyk, P. G. & Kuo, A. D. (2009). *Dynamic arm swinging in human walking.* *Proceedings of Biological Sciences*, 276(1673): 3679–3688.
- Conta, A.C.; Stelzner, D.J. (2009). *The propriospinal system.* In: Watson, C.; Paxinos, G.; Kayalioglu, G.. *The Spinal Cord.* Academic Press, London, pp. 180 e 190.
- Cowley, K.C.; Zaporozhets, E.; Schmidt, B.J. (2010). *Propriospinal transmission of the locomotor command signal in the neonatal rat.* *N. Y Acad. Sci.* 1198: 42–53.
- De Kam, D.; Rijken, H.; Manintveld, T. et al. (2013). *Arm movements can increase leg muscle activity during submaximal recumbent stepping in neurologically intact individuals.* *J Appl Physiol*, 115: 34–42.
- Dietz, V. (2002). *Do human bipeds use quadrupedal coordination?* *Trends in Neurosciences*, 25: 462–7.
- Dietz, V; Fouad, K; Bastiaanse C.M. (2001). *Neuronal coordination of arm and leg movements during human locomotion.* *European Journal of Neuroscience*, 14(11): 1906–14.
- Dietz, V. & Michel, J. (2008). *Locomotion in Parkinson's disease: Neuronal coupling of upper and lower limbs.* *Brain*, 131: 3421–3431.
- Dobkin, B.H. (2007). *Confounders in rehabilitation trials of task-oriented training: lessons from the designs of the EXCITE and SCILT multicenter trials.* *Neurorehabil Neural Repair*, 21: 3–13.
- Downs, S.H.; Black, N. (1998). *The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions.* *J Epidemiol Community Health*, 52: 377–384.
- Duysens, J.; Donker, S.F.; Verschueren, S.M.P.; Smits-Engelsman, B.C.M.; Swinnen, SP. (2004). *Sensory influences on interlimb coordination during gait.* In: Duysens, J.; Donker, S.F.; Verschueren, S.M.P.; Smits-Engelsman, B.C.M.; Swinnen, S.P. editors. *Neurobehavioral determinants of interlimb coordination. A multi-disciplinary approach.* Kluwer Academic Publishers, p. 3–33.

- Faghri, P.D.; Rodgers, M.M.; Glaser, R.M. et al. (1994). *The effects of functional electrical stimulation on shoulder subluxation, arm function recovery, and shoulder pain in hemiplegic stroke patients*. Arch Phys Med Rehabil, 75: 73–79.
- Fasano, A. and Plotnik, M. (2012). *Neurologic aspects and falls*. Clinical cases in mineral and bone metabolism, 9: 17.
- Figueiredo, S.; Finch, L.; Mai, J. et al. (2013). *Nordic walking for geriatric rehabilitation: a randomized pilot trial*. Disabil Rehabil. 35: 968–975.
- Finley, J.M.; Bastian, A.J.; Gottschall, J.S. (2013). *Learning to be economical: the energy cost of walking tracks motor adaptation*. J Physiol, 591(Pt 4): 1081–1095.
- Flynn, J.; Grahama, B.; Mary, P.; Galea, Robert J.; Callister (2011). *The role of propriospinal interneurons in recovery from spinal cord injury*. Neuropharmacology, 60: 809–822.
- Ford, M.P.; Wagenaar, R.C.; Neweell, K.M. (2007). *Arm constraint and walking in healthy adults*. Gait Posture, 26(1): 135–41.
- Foreman, R.D. (2000). *Integration of viscerosomatic sensory input at the spinal level*. Prog. Brain Res, 122: 209–221.
- Fuzaro, A. C.; Guerreiro, C. T.; Galetti, F. C.; Jucá, R.B.V.M.; Araujo, J. E. (2011). *Modified constraint-induced movement therapy and modified forced-use therapy for stroke patients are both effective to promote balance and gait improvements*. Revista Brasileira de Fisioterapia, 1413-3555.
- Giladi, N. and Nieuwboer, A. (2008). *Understanding and treating freezing of gait in parkinsonism, proposed working definition, and setting the stage*. Movement Disorders, 23: S423-S425.
- Goljar, N.; Burger, H.; Rudolf, M. et al. (2010). *Improving balance in subacute stroke patients: a randomized controlled study*. Int J Rehabil Res, 33: 205–210.
- Gonçalves, J. A.; Nunes, M. T. (2004). *Estilos de investigação: estudos quasi-experimentais. Metodologia da Investigação I*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Available at:
<http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/ichagas/mi1/jabilioteresanunesestquasiexperimentais.pdf>
 (acedido em janeiro de 2018).
- Goudriaan, M.; Jonkers, I.; van Dieen, J. H. & Bruijn, S. M. (2014). *Arm swing in human walking: What is their drive?* Gait Posture, 40: 321–326.
- Grillner, S. (1975). *Locomotion in vertebrates: central mechanisms and reflex interactions*. Physiol. Rev, 55: 247–304.

- Grillner, S. (2006). *Biological pattern generation: the cellular and computational logic of networks in motion*. *Neuron*, 52: 751–766.
- Higgins, J. P. T.; Green, S. (2011). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Retrieved from www.cochrane-handbook.org.
- Horak, B., Macpherson, M. (1996). *Postural orientations and equilibrium*. Handbook of Physiology. Exercise. Regulation and integration of multiple systems (pp. 256-292). Washington DC: American Physiology Society.
- Hu, F.; Gu, D.-Y.; Chen, J.-L.; Wu, Y.; An, B.-C. & Dai, K.R. (2012). *Contribution of arm swing to dynamic stability based on the nonlinear time series analysis method*. Conference Proceeding IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 4831–4834.
- Jankowska, E. (1992). *Interneuronal relay in spinal pathways from proprioceptors*. *Prog. Neurobiol.*, 38: 335–378.
- Kalron, A. & Achiron, A. (2014). *The relationship between fear of falling to spatiotemporal gait parameters measured by an instrumented treadmill in people with multiple sclerosis*. *Gait & posture*, 39: 739–744.
- Kang, T.-W.; Lee, J.-H. and Cynn, H.-S. (2016). *Six-Week Nordic Treadmill Training Compared with Treadmill Training on Balance, Gait, and Activities of Daily Living for Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial*. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 25: 848–856.
- Kiehn, O. (2006). *Locomotor circuits in the mammalian spinal cord*. *Annual Review of Neuroscience*, 29: 701, 279–306.
- Kostyuk, P.G.; Vasilenko, D.A. (1979). *Spinal interneurons*. *Annu. Rev. Physiol.* 41: 115–126.
- Krasovsky, T.; Baniña, M. C.; Hacmon, R.; Feldman, A. G.; Lamontagne, A. and Levin M. F. (2012). *Stability of gait and interlimb coordination in older adults*. *J Neurophysiol*, 107: 2560 –2569.
- Kubo, M.; Wagenaar, R.C.; Saltzman, E. and Holt, K.G. (2004). *Biomechanical mechanism for transitions in phase and frequency of arm and leg swing during walking*. *Biological cybernetics*, 91: 91–98.
- Kuhtz-Buschbeck, J.; Brockmann, K.; Gilster, R.; Koch, A. and Stolze, H. (2008). *Asymmetry of arm-swing not related to handedness*. *Gait & posture*, 27: 447–454.
- Kuhtz-Buschbeck, J. P. & Jing, B. (2012). *Activity of upper limb muscles during human walking*. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22: 199–206.

- Kwakkel, G.; Wagenaar, R. C. (2002). *Effect of duration of upper and lower-extremity rehabilitation sessions and walking speed on recovery of interlimb coordination in hemiplegic gait*. *Physical Therapy*, 82: 432–448.
- Lamb, T.; Yang, J.F. (2000). *Could different directions of infant stepping be controlled by the same locomotor central pattern generator?* *J Neurophysiol*, 83: 2814–24.
- Landsheere, G.; Delchambre, A. (1979). *Les Comportements non verbaux de l'enseignant: comment les maîtres enseignent, 2*. Nathan: Paris.
- Liberati; Alessandro; Douglas G. Altman; Jennifer Tetzlaff; Cynthia Mulrow; Peter C. Gøtzsche; John, P.A.; Ioannidis; Mike Clarke; P.J. Devereaux; Jos Kleijnen and David Moher (2009). *The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration*. *PLoS medicine* 6, no. 7 (July): e1000100. doi:10.1371/journal.pmed.1000100. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2707010&tool=pmcentrez&render type=abstract>.
- Luft, A.R.; Macko, R.F.; Forrester, L.W.; Villagra, F.; Ivey, F.; Sorkin, J.D.; Whitall, J.; McCombe-Waller, S.; Katzel, L.; Andrew, P.; Goldberg and Daniel, F. Hanley; (2008). *Treadmill Exercise Activates Subcortical Neural Networks and Improves Walking After Stroke. A Randomized Controlled Trial*. *Stroke*, 39: 3341–3350.
- Maher, C.; Sherington, C.; Herbert, R.; Moseley, A. (2003). *Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials*. *Physical Therapy*, 83 (8): 713–21.
- Mazzaro, M.; Sznaier, M.; Camps, O. (2005). *A model (in) validation approach to gait classification*. *IEEE Transactions on robotics* 27(11).
- McCollum, G.; Holroyd, C.; Castelfranco, M. (1995). *Forms of Early Walking*. *Journal Theor Biology*, 176: 373–390.
- Meijer, R.; Plotnik, M.; Zwaafink, E.G.; van Lummel R.C.; Ainsworth, E.; Martina, J.D. and Hausdorff, J.M. (2011). *Markedly impaired bilateral coordination of gait in post-stroke patients: Is this deficit distinct from asymmetry? A cohort study*. *J Neuroeng Rehabil*, 8: 23.
- Meyns, P.; Bruijn, S. M. & Duysens, J. (2013). *The how and why of arm swing during human walking*. *Gait Posture*, 38: 555–562.
- Meyns, P.; Molenaers, G.; Desloovere, K., Duysens, J. (2014). *Interlimb coordination during forward walking is largely preserved in backward walking in children with*

- cerebral palsy*. *Clinical Neurophysiology* 125: 552–561.
- Meyns, P.; Van Gestel, L.; Bruijn S.M.; Desloovere K.; Swinnen S.P.; Duysens, J. (2012). *Is interlimb coordination during walking preserved in children with cerebral palsy?* *Res Dev Disabil*, 33: 1418–28.
- Meyns, P.; Van Gestel, L.; Massaad, F.; Desloovere, K.; Molenaers, G. & Duysens, J. (2011). *Arm swing during walking at different speeds in children with Cerebral Palsy and typically developing children*. *Research in Developmental Disabilities*, 32: 1957–1964.
- Michel, J. et al. (2008). *Obstacle stepping involves spinal anticipatory activity associated with quadrupedal limb coordination*. *Eur J Neurosci*, 27: 1867–1875.
- Miller, S. et al. (1975). *Coordination of movements of the hindlimbs and forelimbs in different forms of locomotion in normal and decerebrate cats*. *Brain Res*, 91: 217–237.
- Moher; David; Alessandro Liberati; Jennifer Tetzlaff and Douglas G. Altman (2009). *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement*. *Physical Therapy* 89, no. 9: 873–880.
- Morton, N. (2009). *The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study*. *Australian Journal of Physiotherapy*. 55: 129–33.
- Nakakubo, S.; Doi, T.; Sawa, R.; Misu, S.; Tsutsumimoto, K. & Ono, R. (2014). *Does arm swing emphasized deliberately increase the trunk stability during walking in the elderly adults?* *Gait Posture*, 40: 516–520.
- Nathan, P.W. et al. (1996). *Vestibulospinal, reticulospinal and descending propriospinal nerve fibres in man*. *Brain*, 119 (Pt6): 1809–1833.
- Onigbinde, A.T.; Awotidebe, T.; Awosika, H. (2009). *Effect of 6 weeks wobble board exercises on static and dynamic balance of stroke survivors*. *Technol Health Care*, 17: 387–392.
- Orlovsky, G.N.; Deliagina, T.G.; Grillner, S. (1999). *From mollusc to man*. New York: Oxford University Press. *Neural Control of Locomotion*. This text provides a good introduction and overview of the neural control of locomotion.
- Ortega, J. D.; Fehlman, L. A. & Farley, C. T. (2008). *Effects of aging and arm swing on the metabolic cost of stability in human walking*. *Journal of Biomechanics*, 41: 3303–3308.
- Petersen, T.H.; Willerslev-Olsen M.; Conway, B.A.; Nielsen, J.B. (2012). *The motor cortex drives the muscles during walking in human subjects*. *The Journal of Physiology*, 590: 2443–52.

- Pierrot-Deseilligny, E.; Burke, D. (2005). *Propriospinal Relay for Descending Motor Commands. The Circuitry of the Human Spinal Cord*. Cambridge University Press, New York, 452–510.
- Plotnik, M.; Giladi, N. and Hausdorff, J.M. (2007). *A new measure for quantifying the bilateral coordination of human gait: effects of aging and Parkinson's disease*. *Experimental brain research*, 181: 561–570.
- Plotnik, M.; Giladi, N.; Dagan, Y. and Hausdorff, J.M. (2011). *Postural instability and fall risk in Parkinson's disease: impaired dual tasking, pacing, and bilateral coordination of gait during the "ON" medication state*. *Experimental brain research*, 210: 529–538.
- Plotnik, M.; Giladi, N. and Hausdorff, J.M. (2008). *Bilateral coordination of walking and freezing of gait in Parkinson's disease*. *European Journal of Neuroscience*, 27: 1999–818.
- Plotnik, M.; Naismith, R.T. and Wagner, J.M. (2014). *Gait cycle timing parameters and their correlation with functional and subjective gait assessments among persons with multiple sclerosis*. In: 3rd Joint World Congress of the International Society for Posture and Gait Research (ISPGR) and World Congress on Gait and Mental Function. Vancouver, Canada.
- Pontzer, H.; Holloway, J.H.; Raichlen, D.A. and Lieberman, D.E. (2009). *Control and function of arm swing in human walking and running*. *Journal of Experimental Biology*, 212: 523–534.
- Punt, M.; Bruijn, S. M.; Wittink, H. & van Dieen, J. H. (2015). *Effect of arm swing strategy on local dynamic stability of human gait*. *Gait Posture*, 41: 504–509.
- Reisman, D.S.; Block, H.; Bastian, A.J. (2005). *Inter-limb coordination during locomotion: What can be adapted and stored?* *J Neurophysiol*, 94: 2403–2415.
- Ryan, T. Roemmich; Adam, M. Field; Jonathan, M. Elrod; Elizabeth, L. Stegemöller; Michael, S. Okun; Chris, J. Hass (2012). *Interlimb coordination is impaired during walking in persons with Parkinson's disease*. *Clinical Biomechanics* 28: 93–97.
- Segers, V. (2006). *A Biomechanical analysis of the realization of actual human transition*. Ghent University, Ghent.
- Shin, J.-H.; Kim, C.-B.; Choi, J.-D. (2015). *Effects of trunk rotation induced treadmill gait training on gait of stroke patients: a randomized controlled trial*. *J. Phys. Ther. Sci.*, 27: 1215–1217.
- Stephenson, J.L.; De Serres, S.J. and Lamontagne, A. (2010). *The effect of arm movements on the lower limb during gait after a stroke*. *Gait & posture*, 31: 109–115.

- Stephenson, J.L.; Lamontagne, A. and De Serres, S.J. (2009). *The coordination of upper and lower limb movements during gait in healthy and stroke individuals*. *Gait & posture*, 29: 11–16.
- Tester, N. J.; Barbeau, H.; Howland, D. R.; Cantrell, A. & Behrman, A. L. (2012). *Arm and leg coordination during treadmill walking in individuals with motor incomplete spinal cord injury: A preliminary study*. *Gait Posture*, 36: 49–55.
- Umberger, B. R. (2008). *Effects of suppressing arm swing on kinematics, kinetics, and energetics of human walking*. *Journal of Biomechanics*, 41: 2575–2580.
- Ustinova, K.I.; Langenderfer, J.E.; Balendra, N. (2017). *Enhanced arm swing alters interlimb coordination during overground walking in individuals with traumatic brain injury*. *Human Movement Science*, 52: 45–54.
- Verhagen, A.P., et al. (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus*. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12): 1235–41.
- Wagenaar, R.C.; van Emmerik, R.E. (2000). *Resonant frequencies of arms and legs identify different walking patterns*. *J Biomech*, 33(7): 853–61.
- Yang, Y.-R.; Wang, R.-Y.; Chen, Y.-C.; Kao, M.-J. (2007). *Dual-Task Exercise Improves Walking Ability in Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial*. *Arch Phys Med Rehabil*, 88: 1236–40.
- Zehr, E.P.; Duysens, J. (2004). *Regulation of arm and leg movement during human locomotion*. *Neuroscientist*, 10: 347–61.

8. Apêndice

Mesh terms e palavras-chave

- (1) limb connections
- (2) limb coordination
- (3) arm and leg coordination
- (4) human walking
- (5) human gait
- (6) gait speed
- (7) arm swing
- (8) rehabilitation

Base de dados	Mesh terms e Palavras-chave
B-on	#1 #2 #4 #7
Clinical Key	#2 #4 #7 #8
Medline (OVID)	#1 #2 #3 #5
PEDro	#1 #2 #5 #6 #7
Pubmed	#1 #2 #4 #7
Scielo Portugal	#3 #5 #7
Science Direct	#3 #5 #7 #8

9. Anexos

ANEXO 1 – CAMQ (*Checklist for the Assessment of the Methodological Quality*)

Modified Quality Index assessment criteria for methodology of studies

Criterion	Weighted Score (points)
Reporting	11
• Is the hypothesis/aim/objective of the study clearly described?	1
• Are the main outcomes described in the Introduction or Methods?	1
• Are the characteristics of the patients clearly described?	1
• Are the interventions of interest clearly described?	1
• Are the distributions of principal confounders clearly described?	2
• Are the main findings of the study clearly described?	1
• Does the study provide estimates of random variability for outcomes?	1
• Have all important adverse events been reported?	1
• Have the characteristics of patients lost to follow-up been described?	1
• Have actual probability values been reported for main outcomes?	1
External Validity	3
• Were subjects who were asked to participate representative of the entire population?	1
• Were those subjects who were prepared to participate representative of the entire population?	1
• Were the staff and facilities where the patients were treated representative of the treatment the majority of patients receive?	1
Internal Validity - Bias	7
• Was an attempt made to blind study subjects to the intervention they have received?	1
• Was an attempt made to blind those measuring the main outcomes?	1
• If the results were based on "data dredging," was this made clear?	1
• Is the time period between interventions and outcomes the same for cases and controls?	1
• Were statistical tests used to assess the main outcomes appropriate?	1
• Was compliance with the intervention/s reliable?	1
• Were the main outcome measures used accurate (valid/reliable)?	1
Internal Validity – Confounding (selection bias)	6
• Were the groups, cases, and controls recruited from the same population?	1
• Were study subjects in different groups recruited over the same period of time?	1
• Were study subjects randomized to intervention groups?	1
• Was the randomized assignment concealed from both patients and health care staff until recruitment was complete?	1
• Was there adequate adjustment for confounding?	1
• Were losses of patients to follow-up taken into account?	1
Power	5
• Did the study have sufficient power to detect a clinically important event where the probability due to chance is less than 5%?	5
TOTAL SCORE	32

Adapted and modified from Downs et al. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health* 1998;52:377-84 (22).

