

Influência do *biofeedback* sobre as variáveis espaço-temporais da marcha de pacientes hemiparéticos: uma revisão sistemática

Influence of biofeedback on the variables space-time gait of hemiparetic patients: a systematic review

Amanda Lopes da Silva Ribeiro (Ribeiro ALS)¹, Milena Batista e Silva (Silva MB)¹,
Natália Batista Medeiros Garcia (Garcia NBM)¹,
Natália Jordana Dutra e Silva (Silva NJD)¹,
Felipe Costa Alvim (Alvim FC)²

RESUMO: Objetivo: analisar as evidências científicas atuais quanto à influência do *biofeedback* sobre as variáveis espaço-temporais da marcha de indivíduos hemiparéticos. Método: realizou-se um levantamento de estudos nas bases de dados *PubMed* e *Medline* referente aos últimos dez anos, através da relação entre os descritores: *stroke*, *biofeedback*, *gait*. Foram incluídos estudos primários completos em língua inglesa com amostra composta por indivíduos hemiparéticos crônicos de qualquer idade e de ambos os sexos, cuja reabilitação da marcha estava associada a qualquer método de *biofeedback*. Revisões bibliográficas, estudos de caso e abordagens sobre outras patologias foram excluídas. Resultados: foram selecionados 11 estudos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Todos indicaram melhora dos parâmetros da marcha através da reabilitação associada ao *biofeedback* e não houve predomínio de nenhum tipo de *biofeedback* sobre os outros. Conclusão: o uso do *biofeedback* na reabilitação proporciona efeitos positivos adicionais sobre as variáveis espaço-temporais da marcha em indivíduos hemiparéticos.

Palavras-chave: *Stroke*; *biofeedback*; *gait*.

ABSTRACT: Objective: to analyze current scientific evidence on the influence of biofeedback on spatiotemporal variables of gait of hemiparetic individuals. Method: A survey of the PubMed and Medline databases for the last ten years was carried out through the relationship between the descriptors: *stroke*, *biofeedback*, *gait*. Complete primary English-language studies with a sample composed of chronic hemiparetic subjects of any age and of both sexes, whose gait rehabilitation was associated with any biofeedback method. Bibliographical reviews, case studies and approaches on other pathologies were excluded. Results: 11 studies were selected according to the inclusion and exclusion criteria. All indicated improved gait parameters through rehabilitation associated with biofeedback and there was no predominance of any type of biofeedback over the others. Conclusion: the use of biofeedback in rehabilitation provides additional positive effects on the spatiotemporal gait variables in hemiparetic individuals.

Keywords: *Stroke*; *biofeedback*; *gait*.

1 Acadêmicas do curso de Fisioterapia da Universidade Presidente Antônio Carlos de Barbacena (UNIPAC)
2 Professor Doutor do curso de Fisioterapia da Universidade Presidente Antônio Carlos de Barbacena (UNIPAC)

Introdução

O acidente vascular encefálico (AVE) é uma das doenças crônicas que mais acomete a população mundial adulta e idosa¹. Segundo a Organização Mundial de Saúde, o AVE tornou-se um grande problema de saúde pública, representa a terceira maior causa de morte e um dos principais fatores de incapacidade, já que 70% dos pacientes acometidos não retornam à vida produtiva².

Segundo os dados do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), no Brasil, o índice de óbitos decorrentes do AVE abrange cerca de 100 mil pessoas ao ano, além disso, em 2013 o número de internações foi de até 156.714 pacientes e os custos permearam a quantia de R\$ 169.908.263,55 referentes a gastos em procedimentos hospitalares relacionados a essa patologia³.

Nesse sentido, o Governo Federal investe na expansão de uma das principais frentes de prevenção e promoção em saúde, a atenção básica do Sistema Único de Saúde (SUS) que é capaz de solucionar até 80% dos problemas primários decorrentes de doenças em geral, o que reduz os óbitos por AVE em 15%⁴.

A ocorrência dessa doença está correlacionada a fatores de risco modificáveis como hipertensão arterial sistêmica, tabagismo, dislipidemia, diabetes *mellitus*, má alimentação, uso abusivo de álcool, sedentarismo e obesidade; e não modificáveis como idade, gênero e raça. Nesse sentido, a identificação e o controle desses fatores são ações importantes para a prevenção primária do AVE¹.

O AVE é uma patologia cerebrovascular gerada pela alteração do suprimento sanguíneo encefálico que pode causar danos irreversíveis ao sistema nervoso central (SNC)⁵ podendo ser dividido em isquêmico e hemorrágico⁶. O primeiro tipo é o mais comum, representa a maioria dos casos e pode decorrer de uma interrupção súbita do suprimento sanguíneo para uma determinada região cerebral. Já o segundo, corresponde a 10% dos casos provocados pela ruptura de um vaso sanguíneo e extravasamento do sangue no tecido cerebral, ventrículos ou espaço subaracnóideo⁶.

As consequências decorrentes das lesões neurológicas dependem da localização e extensão da lesão no cérebro. Em geral, acarretam perda do equilíbrio, diminuição da

força em músculos específicos, deterioração do estado funcional⁷ e deficiência da mobilidade, o que pode levar a uma marcha inapropriada ao padrão⁸.

O ciclo normal da marcha, descrito por Araújo *et al*⁷ corresponde ao intervalo entre dois toques do mesmo calcanhar sobre o solo e pode ser dividido entre fase de apoio e balanço. Em indivíduos saudáveis a fase de apoio é subdividida em primeiro duplo apoio, apoio simples e segundo duplo apoio no solo, já a de balanço corresponde ao período em que o pé está suspenso durante as subfases de balanço inicial, médio e terminal.

Pessoas com sequelas advindas do AVE podem apresentar alterações desse ciclo em todas as suas fases⁸. Dentre as disfunções mais comuns, as variáveis espaciais, temporais e angulares da marcha são as que mais sofrem modificações⁹.

Em relação as variáveis espaço-temporais, as que mais sofrem impacto são: a simetria¹⁰, a cadência, o comprimento do passo, a distância percorrida e a velocidade¹¹, isso ocorre devido a presença de espasticidade e transtornos motores nos membros contralaterais à lesão¹². A esse distúrbio dá-se o nome de marcha hemiparética^{4,2}.

Pacientes pós-AVE tendem a diminuir o comprimento dos passos devido à redução do controle motor pela presença da espasticidade e em consequência disso aumentam a cadência em busca de um padrão mais seguro e estável da marcha. Também apresentam co-ativação dos músculos agonistas e antagonistas do tornozelo e joelho durante a fase de balanço, o que acarretam adaptações que limitam a amplitude de movimento destas articulações, prolongam a fase de apoio do membro contralateral e conseqüentemente reduzem a velocidade da marcha¹², levando a um aumento do risco de quedas e de comorbidades inter-relacionadas⁵.

Segura¹³ afirma que isso ocorre devido aos inúmeros prejuízos sobre a percepção-cognição, o controle motor, o equilíbrio, o tônus e a força muscular nos indivíduos acometidos. Sob essa perspectiva, a reabilitação da marcha é relevante não só para a melhora das capacidades físicas e cognitivas¹⁴, mas para otimizar a neuroplasticidade no processo de reorganização neurológica que contribui para a recuperação motora do sujeito acometido¹⁵.

Diante disso, um dos desafios mais significativos e de maior necessidade para os pacientes que sobrevivem a um AVE, está em recuperar e adquirir novas habilidades² através de atividades de reaprendizagem motora que estimulem o processo de reorganização neural e recuperem a funcionalidade¹⁶.

Nesse sentido, a reabilitação motora convencional gera benefícios multidimensionais ao indivíduo pós-AVE como sua melhora funcional global e fisiológica, além de adaptações positivas nas funções físicas, aeróbias, musculares e cognitivas⁵. Por outro lado, quando a reabilitação é associada a métodos de auto-regulação como o *biofeedback*, suas respostas podem gerar vantagens ainda maiores¹⁷.

Desse modo, variados tipos de *biofeedback* estão sendo utilizados para substituir informações sensoriais prejudicadas, essenciais para análise e planejamento do movimento adequado¹⁷. A intervenção através desse método fornece ao indivíduo informações adicionais em tempo real sobre sua consciência corporal e tem como objetivo desenvolver mudanças no comportamento motor e melhora do desempenho físico através da estimulação sensorial⁸.

Muitos autores^{8,9,10,11,17} têm demonstrado resultados positivos adicionais desse estímulo na reabilitação motora de indivíduos hemiparéticos, através de diversos tipos de *biofeedback* como cinético, cinemático e espaço-temporal¹⁷. Os benefícios advêm de respostas adquiridas após a entrega de informações visuais, auditivas e proprioceptivas ao sistema nervoso central (SNC) que traduz a falha ou o sucesso do movimento produzido e gera adaptações no mecanismo de neuroplasticidade com consequente melhora motora¹⁶.

Teoricamente, ao reabilitar um indivíduo através do método *biofeedback* os efeitos físicos e funcionais seriam mais duradouros em relação à terapia convencional, já que refletem melhora adicional sobre o equilíbrio, a força e a resistência de grupos musculares específicos¹⁸. Sob essa ótica, Tate *et al*¹⁸ em uma revisão sistemática da literatura, demonstraram que o método proporciona impacto positivo e também duradouro sobre as variáveis da marcha quando comparado à reabilitação convencional, o que corrobora os estudos realizados por Lewek sobre os efeitos do *biofeedback* visual na velocidade e na simetria da marcha de sujeitos hemiparéticos¹⁹.

Visto que as sequelas motoras advindas do AVE representam grande impacto sobre a independência funcional do indivíduo acometido⁹, o presente estudo tem como objetivo analisar as evidências científicas da literatura atual quanto à influência do *biofeedback* sobre as variáveis espaço-temporais da marcha de indivíduos hemiparéticos e identificar se algum tipo de *biofeedback* possui predominância sobre os outros.

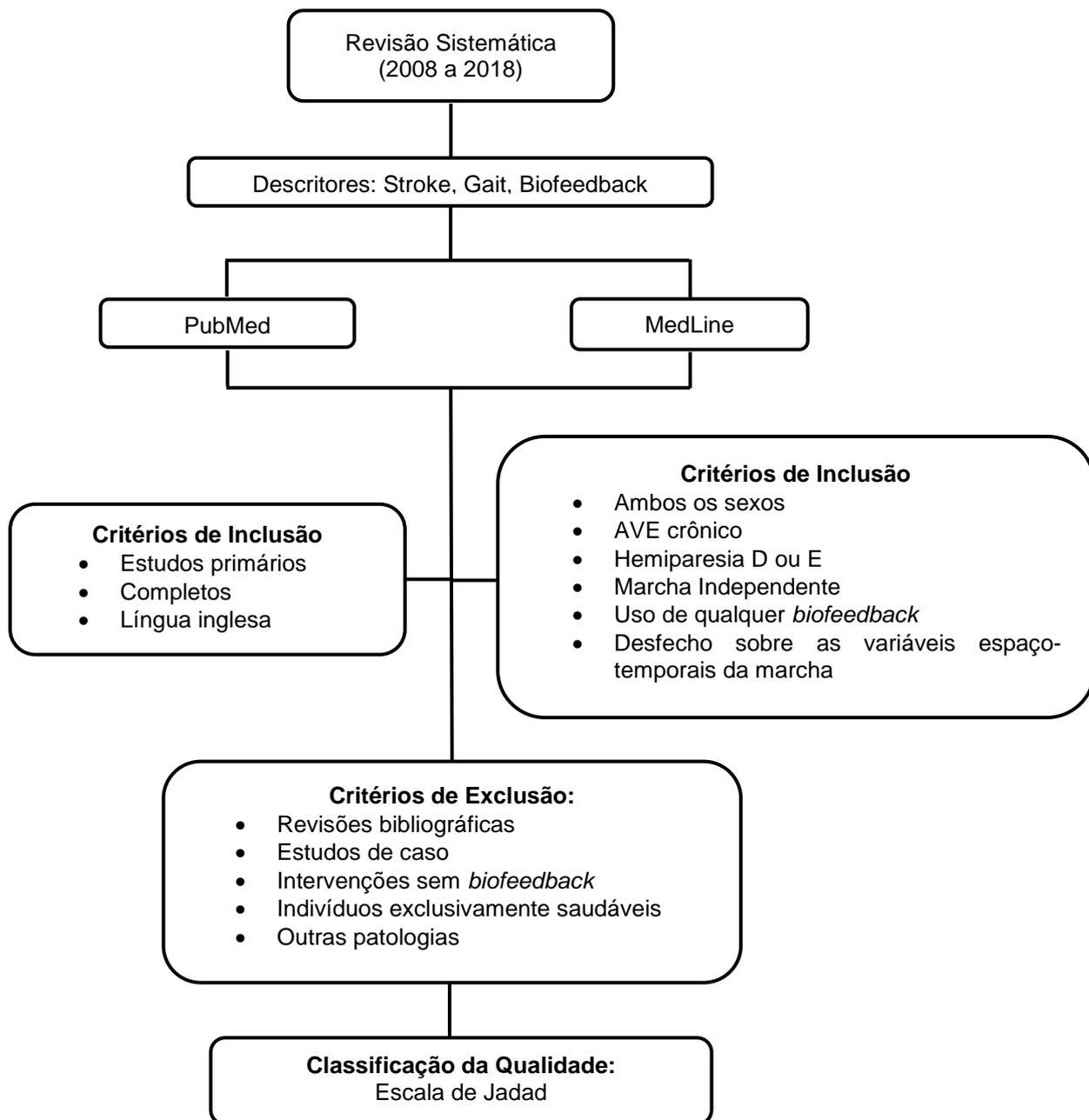
Método

O presente estudo é uma revisão sistemática, na qual foi realizada uma pesquisa eletrônica prévia para o levantamento de artigos científicos nas bases de dados PubMed e MedLine referente às publicações de estudos primários dos últimos dez anos com data entre 2008 a 2018. Para tal, os descritores *stroke*, *gait* e *biofeedback* foram relacionados através do operador booleano AND para ampliar o campo de busca. (Figura 1)

Foram incluídos estudos primários completos publicados em língua inglesa, ensaios clínicos e estudos piloto que utilizaram em sua amostra indivíduos de ambos os sexos, acometidos por AVE em estágio crônico (acima de três meses), com hemiparesia à esquerda ou direita e capacidade de deambulação independente com ou sem órteses. Pesquisas com uso de quaisquer tipos de *biofeedback* associados à reabilitação motora, necessariamente com desfecho sobre as variáveis espaço-temporais da marcha.

Foram excluídas revisões bibliográficas, estudos de caso, abordagens sobre outras patologias neurológicas sem a inclusão do AVE e intervenções sem o uso do *biofeedback*, estudos realizados exclusivamente com indivíduos saudáveis e sem resultados quantitativos. (Figura 1)

Figura 1: Metodologia adotada



A qualidade metodológica de cada artigo foi avaliada através do sistema de Jadad que através de um questionário classifica o nível de qualidade do estudo em uma escala de 0 a 5 pontos²⁰, contudo o mesmo não fez parte dos critérios de inclusão/exclusão deste trabalho. (Quadro 1)

Quadro 1 – Classificação Jadad

Perguntas	Respostas	
	1 ponto	0 pontos
O estudo foi descrito como randomizado?	Sim	Não
O estudo foi descrito como duplo-cego?	Sim	Não
Houve descrição de exclusões e/ou perdas?	Sim	Não
O método para gerar a sequência de randomização foi descrito e apropriado?	Sim	Não
O método duplo-cego foi descrito e apropriado?	Sim	Não
Pontos	0 a 5	

O método Jadad está relacionado à redução de vieses, é composto por questões cujas respostas possuem duas opções (sim/não) com resultados entre 0 a 5 pontos, distribuídos em 1 ponto para respostas sim e 0 ponto para respostas não²⁰.

O primeiro e o segundo item do questionário relacionam-se à qualidade da descrição de sequência de randomização e do método duplo-cego. Sendo assim, se o estudo foi explicitamente descrito como randomizado e/ou duplo-cego, um ponto foi concedido a cada item, além disso se a descrição foi adequada um ponto adicional foi acrescentado a cada item. Caso os métodos tanto para a randomização quanto para o duplo-cego tenham sido descritos, porém não foram adequados, os itens foram pontuados em zero ponto.

Os métodos foram considerados adequados se para a randomização cada participante recebeu a mesma oportunidade de intervenção e para o duplo-cego se foi declarado no texto que nem o participante e nem o avaliador conheciam a intervenção que estava sendo avaliada.

O terceiro item do questionário avaliou as perdas e desistências do estudo, as respostas negativas foram pontuadas em zero ponto e positivas em um ponto.

Resultados e Discussão

A busca realizada na base de dados *PubMed* através dos descritores *Stroke AND Biofeedback AND Gait* resultou em um total de 57 artigos. Ao realizar a leitura dos resumos foram descartados 48 deles, pois não se enquadraram nos critérios de inclusão e exclusão. (TAB. 1)

Tabela 1 – Estudos excluídos da base de dados PubMed

PubMed			
Estudos	Excluídos	Estudos	Excluídos
Revisão	6	Deambulação dependente	3
Estudo de caso	3	Uso de FES	1
Apenas resumo	2	Uso de robô na reabilitação	7
Sem análise quantitativa	6	Uso de exoesqueleto	1
Não se enquadra ao tema	5	AVE agudo	1
Amostra com sujeitos saudáveis	5	Ausência do <i>biofeedback</i>	4
Outras patologias	2	Tipo de <i>biofeedback</i> não descrito	2
Total de artigos excluídos	48		

Foram utilizados os mesmos descritores na base de dados MedLine, onde 37 artigos científicos foram identificados, porém 32 deles repetiam-se na PubMed e 3 foram excluídos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, sendo assim apenas 2 estudos foram selecionados. (TAB. 2)

Tabela 2 – Estudos excluídos da base de dados MedLine

MEDLINE	
Estudos	Excluídos
Repetidos	32
Revisão de literatura	1
Não se enquadra ao tema	1
Apenas resumo	1
Total de artigos excluídos	35

Verificou-se que a classificação da qualidade dos estudos na Escala Jadad, demonstrou pontuações relevantes para os artigos selecionados. De acordo com a escala são considerados ótimos os estudos com pontuação máxima (5 pontos), bons, aqueles cujo resultado compreende valores entre ≥ 3 a < 5 e ruins os que possuem resultado ≤ 2 ²⁰. Desse modo, dois artigos foram considerados ótimos, seis bons e apenas três ruins. (TAB. 3)

Tabela 3 – Classificação de acordo com escala Jadad

Autor	Resultado (Jadad)
Afzal MR <i>et al.</i> ²¹	1
Druzbeck M <i>et al.</i> ¹⁰	2
Byl N <i>et al.</i> ²⁵	2
Druzbeck M <i>et al.</i> ⁹	3
Kim SJ <i>et al.</i> ²²	3
Druzbeck M <i>et al.</i> ¹¹	3
Khallaf ME <i>et al.</i> ²³	3
Jonsdottir J <i>et al.</i> ¹⁷	3
Druzbeck M <i>et al.</i> ⁸	3
Lee YS <i>et al.</i> ²⁴	5
Brasileiro <i>et al.</i> ²⁶	5

Os estudos selecionados apresentaram amostras com sujeitos adultos e idosos acometidos por hemiparesia em membro inferior direito ou esquerdo e tônus muscular com graus de espasticidade entre $\leq 1+$ a < 2 ^{10,23,26} e ≤ 1 ^{8,9,11} respectivamente classificados nas escalas de Ashworth (AS) e Ashworth Modificada (MAS). Já os demais estudos^{17,21,22,24,25} não especificaram o grau de acometimento.

Os protocolos empregados utilizaram três tipos de *biofeedback* (visual, auditivo e vibratório) associados ao treino de marcha em solo, em esteira ou em plataforma vibratória, todos com desfecho sobre a marcha. O *biofeedback* visual foi realizado de duas formas distintas: em esteira, o método foi aplicado através da transmissão de imagens por um monitor que emitia uma resposta visual (pegadas) a cada passada do indivíduo e indicava o sucesso ou a falha da ação executada, já em solo, marcações no chão indicavam o tamanho ideal da passada que o indivíduo deveria executar. O *biofeedback* auditivo era transmitido ao paciente através de um sinal sonoro (*beep*) que indicava o ritmo da passada ou o erro cometido. Por fim, o *biofeedback* vibratório emitia oscilações sob os pés que orientavam as etapas do correto contato inicial e final da marcha.

A partir da análise dos artigos, foi possível organizar as informações em um quadro explicativo sobre os tipos de estudo e as características mais relevantes das amostras para esta revisão. (Quadro 1)

Quadro 1 – Características das Amostras

Autores (data)	Tipo de Estudo	Características da Amostra				
		n	Grupos (grupos/sexo)	Idade	Tipo de AVE	Tempo de AVE
Jonsdottir <i>et al.</i> , 2010 ¹⁷	Rand. Cego	31 ind.	GI: 10 ind.*† GC: 10 ind.*†	61 a 74 anos	Não especificado	≥ 6 meses
Druzicki <i>et al.</i> , 2010 ¹⁰	Piloto Rand.	30 ind.	GI: 12M* e 3F* GC: 12M* e 3F*	50 a 71 anos	Isquêmico/Hemorragico	3 a 4 anos
Druzicki <i>et al.</i> , 2016 ⁹	Rand. Cego	46 ind.	GI: 16M* e 7F* GC: 14M* e 9F*	59 a 70 anos	Isquêmico	1,5 a 3 anos
Kim <i>et al.</i> , 2016 ²²	Rand.	27 ind.	GI: 6M* e 8F* GC: 7M* e 6F*	45 a 59 anos	Não especificado	Não especificado
Druzicki <i>et al.</i> , 2016 ¹¹	Contr. Rand. Cego	30 ind.	GI: 6M* e 9F* GC: 15 ind.*†	59 a 70 anos	Isquêmico	≥ 6 meses
Khallaf <i>et al.</i> , 2014 ²³	Rand. Contr.	16 ind.	GI: 8 ind.*† GC: 8 ind.*†	40 a 42 anos	Isquêmico	> 3 meses
Lee <i>et al.</i> , 2015 ²⁴	Rand. D.Cego	20 ind.	GI: 10 ind.*† GC: 10 ind.*†	47 a 59 anos	Isquêmico/Hemorragico	Até 6 meses
Druzicki <i>et al.</i> , 2015 ⁸	Rand. Contr. Cego	50 ind.	G1: 25 ind.*† G2: 25 ind.*†	38 a 79 anos	Isquêmico	≥ 6 meses
Byl <i>et al.</i> , 2015 ²⁵	Rand.	12 ind.	GI: 5 ind.*† e 7 ind.†† GC: 7 ind.*† e 5 ind.††	30 a 75 anos	Isquêmico/Hemorragico	Não especificado
Brasileiro <i>et al.</i> , 2015 ²⁶	Rand. Contr. D.Cego	30 ind.	GI: G1: 10 ind.*† G2: 10 ind.*† GC: 10 ind.*†	49 a 64 anos	Isquêmico	1 a 4,5 anos
Afzal <i>et al.</i> , 2015 ²¹	Ens. Clín. não Rand.	9 ind.	GI: 4 ind.*† GC: 5 ind.§	22 a 29 Anos	Não especificado	Não especificado

Rand.: randomizado, Contr.: controlado, D.Cego: duplo cego, Ens. Clín.: ensaio clínico, GI: grupo intervenção, GC: grupo controle, M: masculino, F: feminino, * AVE, † Ambos sexos, ‡ Parkinson, § Indivíduos Saudáveis.

Os protocolos de treinamento utilizados pelos autores tanto para o grupo de intervenção quanto para o grupo controle e seus respectivos resultados também foram organizados de modo que os escores relacionados às variáveis espaço-temporais ficassem explícitos. (Quadro 2)

Quadro 2: Tipos de intervenção e resultados

Autores (data)	GC	GI			Resultados				
	Presc.	Presc.	Freq. Duraç.	Variáveis	Alterações				Valor de p
					GI		GC		
Jonsdottir <i>et al.</i> , 2010 ¹⁷	TC + 15 min TM em solo	TM em solo c/ biofeed. auditivo (sinal sonoro acima do limiar de contração muscular)	3x sem.	Pico de potência do tornozelo (W/Kg)	Pré	Pós	Pré	Pós	0,16
					0,63 (0,65)	1,04 (0,65)	0,40 (0,48)	0,47 (0,37)	
			20 sessões	Velocidade (%m/s)	28,7 (10,8)	39,6 (7,6)	26,3 (11,9)	27,9 (14,3)	0,0004
					45 min/dia sem auxílio de órteses	Comprimento do passo (%m)	44,5 (12,9)	57,7 (9,3)	
Ângulo de flexão do joelho (graus)	44,1 (8,8)	51,4 (9,2)	33,4 (15,9)	35,0 (16,2)			0,28		
	Druzbecki <i>et al.</i> , 2010 ¹⁰	TC	TM em esteira com biofeed. visual (imagem da local. dos pés) e auditivo (sinal sonoro ao sucesso da tarefa)	5x sem.	Mobilidade (Up and Go) (s)	GI		GC	
-2,8 (2,8)						-3,3 (2,3)			
3 sem.				Velocidade (m/s)	0,1 (0,1)		0,0 (0,1)		0,033
					5 a 20 min/dia	Distância (m)	13,3 (10,3)		
Simetria da Marcha	-0,5 (0,5)		-0,2 (0,3)				0,033		
	Druzbecki <i>et al.</i> , 2016 ⁹	TM em esteira s/ biofeed. + 40 min TC	TM em esteira c/ biofeed. visual (imagem da local. dos pés) e auditivo (sinal sonoro ao sucesso da tarefa) + 40 min TC	5x sem.	Simetria de carga em MMII (kg)	GI		GC	
Pré						Pós	Pré	Pós	
10 dias				Mobilidade (Up and Go) (s)	1,49 (0,5)	1,24 (0,4)	1,51 (0,6)	1,38 (0,5)	0,0807
					15 a 30 min/dia	16,5 (7,7)	12,0 (4,0)	18,6 (7,2)	

					GI		GC		
					Pré	Pós	Pré	Pós	
Kim <i>et al.</i> , 2016 ²²	TF ISOM + TF ISOT de tornozelo	TE em PM + biofeed. visual (monitor) e auditivo (sinal sonoro)	5x sem	Mobilidade: teste Caminhada (10M) (s)	36,0 (14,84)	27,7 (11,92)	40,1 (11,92)	36,3 (11,40)	< 0,05
			8 sem.	Alcance funcional (cm)	18,9 (7,14)	25,0 (7,69)	20,1 (6,00)	22,4 (6,67)	< 0,05
			30 min/dia	Força de tornozelo (dorsiflexores) (Kgf)	10,5 (3,79)	23,1 (6,07)	10,8 (3,48)	20,8 (4,55)	< 0,05
Druzicki <i>et al.</i> , 2016 ¹¹	TM em esteira s/ biofeed.	TM em esteira c/ biofeed. visual (imagem da local. dos pés)	5 x sem	Simetria da fase de balanço	GI		GC		0,6399
			10 dias		Pré	Pós	Pré	Pós	
			30 min/dia	Comprimento do passo (%m)	1,5 (0,36)	1,16 (0,16)	1,36 (0,2)	1,15 (0,12)	0,6399
Khallaf <i>et al.</i> , 2014 ²³	TC	TC + TM com biofeed. visual (pedografia em monitor)	5 x sem.	Força máxima do retropé (N/cm ²)	GI		GC		0,001
			8 sem.		Pré	Pós	Pré	Pós	
			90 min/dia	Tempo de contato do pé (s)	53,62 (3,49)	67,03 (1,49)	50,38 (1,16)	51,84 (3,63)	0,001
Lee <i>et al.</i> , 2015 ²⁴	TC + pseudo biofeedback	TC + biofeed. visual da ativ. cerebral (gráficos em monitor)	3x sem.	Velocidade (m/s)	GI		GC		> 0,01
			8 sem.		Pré	Pós	Pré	Pós	
					25,29 (1,99)	28,70 (3,57)	24,88 (2,76)	23,87 (4,05)	
					61,09 (9,55)	72,03 (9,06)	58,62 (8,88)	67,03 (7,85)	
30 min/dia	Pressão plantar do retropé (Kg)	49,78 (7,34)	55,14 (3,62)	49,40 (6,61)	52,57 (3,52)	> 0,01			
	Fase de apoio (%)	54,01 (2,29)	53,75 (2,07)	52,16 (2,39)	50,87 (2,56)	> 0,001			

Druzicki <i>et al.</i> , 2015 ⁸	TC + TM em esteira com biofeed.	TC + TM em esteira com biofeed. visual (imagem da local. dos pés) e auditivo (sinal sonoro ao sucesso da tarefa)	5x sem. 2 sem. 90 min/dia	Mobilidade (Up and Go) (s)	GI		GC		0,4882
					Pré	Pós	Pré	Pós	
					16,5 (7,7)	12,0 (4,0)	18,6 (7,2)	14,4 (6,6)	
				Fase de balanço do membro parético (%)	34,0 (6,1)	37,3 (2,9)	31,7 (7,2)	33,4 (5,1)	0,2092
					68,9 (10,6)	78,0 (12,3)	67,5 (15,5)	73,6 (16,8)	
				Cadência (passo/min)	66,0 (6,1)	62,7 (2,9)	68,3 (7,2)	66,6 (5,1)	0,2092
				Fase de postura do membro parético (%)	0,45 (0,17)	0,60 (0,18)	0,45 (0,11)	0,57 (0,15)	0,2887
Velocidade (m/s)	0,68 (0,17)	0,80 (0,18)	0,65 (0,12)	0,72 (0,14)	0,0679				
Comprimento do ciclo do membro parético (%)	GI (AVE)		GC (PKS)		> 0,05				
Velocidade (m/s)	Pré	Pós	Pré	Pós					
	0,80 (0,50)	0,86 (0,52)	1,7 (0,27)	1,8 (0,66)					
Comprimento do passo (m)	0,47 (0,16)	0,48 (0,17)	0,75 (0,13)	0,77 (0,13)	> 0,05				
	Equilíbrio (teste FTSTS) (s)	15,8 (6,5)	14,9 (6,6)	10,0 (2,1)	8,88 (2,3)	> 0,05			
Força do membro afetado (kgf)	128,4 (55,7)	159,7 (59,7)	244,7 (40,5)	278,7 (38,3)	< 0,05				
Byl <i>et al.</i> , 2015 ²⁵	TM em solo	TM em solo com biofeed. visual (imagem da local. dos pés)	6 sem. 12 sessões 90 min/dia						

					GI		GC		
					G1	G2	Pré	Pós	
					Pré	Pré			
Brasileiro <i>et al.</i> , 2015 ²⁶	TM em esteira sem biofeed. + suporte parcial de peso (30%) 20 min/dia	G1: TM em esteira com SPP (30%) + biofeed. visual (imagem da local. dos pés) G2: TM em esteira com SPP (30%) + biofeed. auditivo (sinal sonoro para ritmo da passada)	6 sem. 20 min/dia	Velocidade (m/s)	Pré	Pré	0,45 (0,15)	0,53 (0,18)	0,001
					0,51 (0,17)	0,41 (0,13)			
				Pós	Pós				
				0,57 (0,21)	0,50 (0,18)				
				Comprimento do passo (m)	Pré	Pré	0,72 (0,17)	0,79 (0,18)	
					0,82 (0,25)	0,82 (0,25)			
Pós	Pós								
0,86 (0,28)	0,70 (0,23)								
Cadência (passos/min)	Pré	Pré	157,0 (26,1)	162,5 (29,4)					
	154,6 (20,3)	156,2 (29,8)							
Pós	Pós								
159,0 (23,3)	161,5 (37,2)								
Tempo de postura parética (s)	Pré	Pré	1,05 (0,28)	1,03 (0,26)					
	1,04 (0,18)	1,11 (0,35)							
Pós	Pós								
1,09 (0,18)	1,05 (0,38)								
Simetria da marcha	Pré	Pré	1,61 (0,43)	1,53 (0,41)					
	1,43 (0,25)	1,49 (0,34)							
Pós	Pós								
1,34 (0,23)	1,58 (0,47)								

Afzal <i>et al.</i> , 2015 ²¹	Teste de caminhada de 10m	TM (6m) com biofeed.vibrat. (StMCV) + TM (6m) com biofeed.vibrat. (SpCV) (oscilações em retropé e antepé)	2 testes 1 dia	Simetria da marcha	GI / GC (<i>p</i>)
					SpCV= 0,0427 StMCV= 0,0493

GC: grupo controle, GI: grupo intervenção, Presc.: prescrição, Freq.: frequência, Duraç.: duração, Sem.: semanas, local.: localização, biofeed.: *biofeedback*, ativ: atividade, TC: terapia convencional, TM: treino de marcha, PM: plataforma multiaxial, SPP: suporte parcial de peso, TF: treino de força, TE: treino equilíbrio, vibrat: vibratório, PKS: Parkinson.

Seis estudos^{17,24,8,25,26} demonstraram que o uso do *biofeedback* na reabilitação da marcha de indivíduos hemiparéticos melhora o componente velocidade à curto prazo, após intervenção de uma a seis semanas. Segundo Druzbeck *et al.*⁸, o uso do método em tempo real é capaz de melhorar a consciência corporal do indivíduo em apenas uma sessão de treino de marcha, permitindo a auto-correção de padrões incorretos da marcha. Pode-se inferir que a longo prazo, os efeitos poderão ser ainda maiores com possibilidade desse método ser considerado na prática clínica como instrumento adicional à reabilitação²⁶, já que indica efeitos mais duradouros quando comparados à terapia convencional^{18,19}, porém são necessárias novas pesquisas que comprovem esses efeitos.

Os estudos de Jonsdottir *et al.*¹⁷ e Byl *et al.*¹⁵, se diferenciam quanto aos protocolos aplicados. O primeiro randomizou indivíduos idosos (61 a 74 anos) em um grupo controle (terapia convencional e treino de marcha em solo) e em outro experimental (treino de marcha em solo associado ao *biofeedback* auditivo) e o segundo, foi composto por indivíduos adultos e idosos (30 a 75 anos) divididos aleatoriamente em grupos controle (treino de marcha em solo) e experimental (treino de marcha em solo associado ao *biofeedback* visual). Observou-se que resultados adicionais para a velocidade e o comprimento do passo foram encontrados em ambos os estudos, mais significativos no grupo de intervenção. Essa melhora funcional pode estar relacionada à capacidade de neuroplasticidade do SNC, pois tanto informações acústicas, quanto visuais permitem a melhora das atividades neurais e conseqüentemente geram uma resposta secundária de adaptação e autocorreção do movimento²⁶.

Druzbecki *et al.*⁸, em seu estudo randomizado e controlado utilizou uma amostra de 50 indivíduos hemiparéticos com AVE crônico (≥ 6 meses) e idade entre 38 a 79 anos, dividida em dois grupos (cotrole e experimental) que realizaram terapia convencional e treino de marcha em esteira por duas semanas. O grupo experimental recebeu estímulos visuais durante todo treino de marcha que consistia em visualizar em um monitor a localização exata em que o pé deveria estar no solo, medida em centímetros. Os resultados encontrados revelaram uma melhora suplementar em relação aos parâmetros de cadência e velocidade da marcha no grupo experimental, já que a inclusão de informação sensorial (*biofeedback*) na reabilitação proporciona uma melhora do padrão locomotor através de adaptações provenientes do sistema visual, vestibular e proprioceptivo²⁶.

Os estudos de Jonsdottir *et al.*¹⁷, Kallaf *et al.*²³, Afzal *et al.*²¹ e Byl *et al.*²⁵ utilizaram tipos diferentes de *biofeedback* (visual, auditivo e vibratório) e obtiveram desfechos positivos semelhantes entre si quanto às variáveis espaço-temporais da marcha. Lewek *et al.*¹⁹ explica que o treino de atividades motoras associado a informações sensoriais diversas tem como consequência adaptações importantes do SNC que modifica os padrões de marcha quando hiperestimulado adequadamente, levando o indivíduo à melhora do seu desempenho cognitivo e motor.

A pesquisa realizada por Brasileiro *et al.*²⁶, classificada na Escala de Jadad com pontuação máxima foi a única que objetivou a comparação entre dois tipos de *biofeedback* (auditivo e visual). Os resultados obtidos revelaram melhora semelhante do padrão da marcha em ambos os grupos experimentais, não havendo predomínio de um método sobre o outro. Druzbeck *et al.*^{8,9,10}, sugere em seus estudos que informações sensoriais associadas à reabilitação despertam a neuroplasticidade independente do tipo de *biofeedback* aplicado.

Ao se comparar qualquer tipo de terapia convencional com as intervenções associadas ao *biofeedback*, todos os grupos experimentais^{17,10,9,22,11,23,24,8,25,26,21} demonstraram respostas positivas adicionais sobre as variáveis espaço-temporais em relação aos grupos controle. Esse desempenho pode ser explicado por Pekna¹⁶ ao afirmar que a reabilitação com *biofeedback* pode desenvolver novos caminhos que recrutam vias cerebrais e espinhais existentes acarretando melhora mais evidente do desempenho motor.

Druzbeck *et al.*^{9,11}, desenvolveram estudos randomizados semelhantes com amostras homogêneas. Os dois grupos experimentais realizaram treinamento de marcha em esteira, um associado ao *biofeedback* visual e auditivo e o outro apenas ao visual. Os resultados sobre as variáveis espaço-temporais da marcha foram positivos em relação à associação com o *biofeedback*, porém não houve predominância de um método sobre o outro, o que corrobora o estudo de Brasileiro *et al.*²⁶ ao afirmar que tanto o *biofeedback* visual, quanto o auditivo melhoram o padrão da marcha análogamente.

Em relação aos tipos de *biofeedback* (visual, auditivo e vibratório) observou-se que todos geraram benefícios adicionais semelhantes sobre os parâmetros espaço-temporais da marcha, sem supremacia de nenhum método sobre o outro. Contudo, Lewek¹⁹ afirma que

o *biofeedback* visual e auditivo, quando associados, permitem maior expectativa de compreensão por serem fontes dominantes de informação sensorial no indivíduo, o que facilita a adaptação motora em pacientes neurológicos.

Kim *et al.*²², randomizou 27 sujeitos hemiparéticos em dois grupos e, diferente dos outros autores, aplicou um treino de equilíbrio em plataforma multiaxial para ganho de força de tornozelos associado ao *biofeedback* visual e auditivo no grupo experimental e um treino de força convencional no grupo controle; e mesmo assim obteve desfecho positivo adicional sobre as variáveis da marcha mais evidente no grupo experimental. Jonsdottir *et al.*¹⁷, corrobora esse resultado ao afirmar que o uso do *biofeedback* fornece efeitos adicionais à reabilitação motora convencional.

Segundo Takami²⁷, os indivíduos acometidos por AVE sobrecarregam o membro inferior não acometido com uma descarga de peso de 60 a 90% do peso corporal, devido a uma atitude compensatória. Nesse sentido, a reabilitação associada ao *biofeedback* visual, auditivo ou vibratório possibilita a mudança do padrão compensatório sobre o membro não parético melhorando a simetria de carga dos membros inferiores⁹, a simetria da marcha^{10,21,26} e conseqüentemente a cadência e a velocidade^{8,10,17,24,25,26}.

Por outro lado, os grupos controle que não utilizaram o *biofeedback* também obtiveram melhora nas variáveis da marcha, isso sugere uma falha importante das pesquisas, pois não é possível quantificar isoladamente os efeitos do *biofeedback*, apenas destacar suas repercussões adicionais sobre as terapias convencionais²⁶.

É notável que os autores abordaram também outras variáveis da marcha que não foram objeto desse estudo como: força, tempo de postura, ângulo de flexão do joelho, equilíbrio e mobilidade. Porém deve-se ressaltar que para um bom padrão de marcha é necessário um sinergismo muscular e angular adequado¹², sendo assim, as variáveis citadas influenciam a avaliação da biomecânica da marcha e portanto devem ser no mínimo, observadas.

Conclusão

Logo, o método *biofeedback* associado à reabilitação convencional de indivíduos hemiparéticos apresenta efeitos adicionais positivos sobre as variáveis espaço-temporais da marcha, nesse sentido essa é uma técnica viável que auxilia na reorganização e no planejamento das atividades motoras afetadas pelo AVE.

Além disso, os estudos apontaram efeitos satisfatórios para a utilização dos biofeedbacks visual, auditivo e vibratório, porém não foi possível comprovar a supremacia de um tipo sobre o outro, pois todos revelaram desfecho positivo semelhante sobre o desempenho funcional da marcha.

Visto que as sequelas do AVE impõe limites à funcionalidade dos indivíduos e que suas implicações refletem na saúde pública, é de suma importância que novos estudos que abrangem essa área continuem a buscar caminhos que auxiliem a prática clínica na reabilitação do indivíduo neurológico.

Referências

- 1 DATASUS [internet]. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2012. [acesso em 8 mar 2017]. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2012/10/no-dia-mundial-do-avc-pais-alerta-populacao-contr-a-doenca>.
- 2 Organização Mundial da Saúde. Who steps stroke manual: the who stepwise approach to stroke surveillance. Geneva: WHO; 2006. [acesso em 8 mar 2017]. Disponível em: <http://www.who.int/chp/steps/stroke/manual/en/>
- 3 DATASUS [internet]. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2013. [acesso em 19 abr 2017]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sih/cnv/nimg.def>
- 4 BRASIL. Ministério da Saúde 2014. Acidente vascular cerebral (AVC). [acesso em 21 abril 2017]. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2012/04/acidente-vascular-cerebral-avc>.
- 5 Long J, Quin H, Zhang H. Evaluation of recanalisation treatment on posterior circulation ischemic stroke by Solitaire device - A multicenter retrospective study. *Neurol Neurochir Pol*. 2017 may-jun; 51(3): 208-213.
- 6 Kostka J, Czernicki J, Pruszynska M, Miller E. Strength of knee flexors of the paretic limb as an important determinant of functional status in post-stroke rehabilitation. *Neurol Neurochir Pol*. 2017 may-jun; 51(3): 227-233.
- 7 Araújo AGN, Andrade LM, Barros RML. Sistema para análise cinemática da marcha humana baseado em videogrametria. *Fisiot & Pesq*. 2005; 11(1): 3-10.
- 8 Druzbicki M, Guzik A, Przysada G, Kwolek A, Brzozowska-Magoń A. Efficacy of gait training using a treadmill with and without visual biofeedback in patients after stroke: a randomized study. *J Rehabil Med*. 2015; 47: 419-425.
- 9 Druzbicki M, Przysada G, Guzik A, Kwolek A, Brzozowska-Magoń A, Sobolewski M. Evaluation of the impact of exercise of gait on a treadmill on balance of people who suffered from cerebral stroke. *Acta Bioeng Biomech*. 2016; 18(4): 41-48.
- 10 Druzbicki M, Kwolek A, Depa A, Przysada G. The use of a treadmill with biofeedback function in assessment of relearning walking skills in post-stroke hemiplegic patients: a preliminary report. *Neurologia i Neurochir Pol*. 2010 sep; 44(6): 567-573.
- 11 Druzbicki M, Guzik A, Przysada G, Kwolek A, Brzozowska-Magoń A, Sobolewski M. Changes in gait symmetry after training on a treadmill with biofeedback in chronic stroke patients: a 6-month follow-up from a randomized controlled trial. *Med Sci Monit*. 2016; 22: 4859-4868.

- 12 Corrêa FI, Soares F, Andrade DV, Gondo RM, Peres JA, Fernandes AO, Corrêa JCF. Atividade muscular durante a marcha após acidente vascular encefálico. *Arq Neuropsiquiatr*. 2005; 63(3B): 847-851.
- 13 Segura MSP. O andar de pacientes hemiplégicos em solo e esteira com suporte total ou parcial de peso. [Dissertação de Mestrado]. Rio Claro: UNESP; 2005.
- 14 Tomoya T, Tatsunori I, Makoto K, Machiko A, Hirofumi M, Msayuki I, *et al*. Effects of regular water - and land - based exercise on physical function after 5 years: A long - term study on the well - being of older Japanese adults. *Japan Geriatrics Int*. 2017 apr; 12: 67-74.
- 15 Kober SE, Schweiger D, Reichert JL, Neuper C, Wood G. Upper alpha based neurofeedback training in chronic stroke: brain plasticity processes and cognitive effects. *Appl Psychophys Biofeedback*. 2017 mar; 42(1): 69-83.
- 16 Pekna M, Pekny M, Nilsson M. Modulation of neural plasticity as a basis for stroke rehabilitation. *Rev Stroke*. 2012; 43: 2819-2828.
- 17 Jonsdottir J, Cattaneo D, Recalcati M, Regola A, Rabuffetti M, Ferrarin M, *et al*. Task-oriented biofeedback to improve gait in individuals with chronic stroke: motor learning approach. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010 Jan; 24: 478.
- 18 Tate JJ, Milner CE. Real-time kinematic, temporospatial and kinetic biofeedback during gait retraining in patients: a systematic review. *Phys Ther*. 2010; 90: 1123-1134.
- 19 Lewek MD, Feasel J, Wentz E, Brooks FP Jr, Whitton MC. Use of visual and proprioceptive feedback to improve gait speed and spatiotemporal symmetry following chronic stroke: a case series. *Phys Ther*. 2012; 92: 748-756.
- 20 Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJ, Gavaghan DJ, *et al*. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Control Clin Trials*. 1996;17(1):1-12.
- 21 Afzal MR, Oh MK, Lee CH, Park YR, Yoon J. A portable gait asymmetry rehabilitation system for individuals with stroke using a vibrotactile feedback. *BioMed Res Int*. 2015 apr; 2015: 1-16.
- 22 Kim SJ, Cho HY, Kim KH, Lee SM. Effects of ankle biofeedback training on strength, balance, and gait in patients with stroke. *J Phys Ther Sci*. 2016 sep; 28(9): 2596-2600.
- 23 Khallaf ME, Gabr AM, Fayed EE. Effect of task specific exercises, gait training, and visual biofeedback on equinovarus gait among individuals with stroke: randomized controlled study. *Neurol Res Int*. 2014 nov; 2014: 1-9.

24 Lee YS, Bae SH, Lee SH, Kim KY. Neurofeedback training improves the dual-task performance ability in stroke patients. *Tohoku J Exp Med.* 2015 may; 236(1): 81-88.

25 Byl N, Zhang W, Coo S, Tomizuka M. Clinical impact of gait training enhanced with visual kinematic biofeedback: patients with Parkinson's disease and patients stable post stroke. *Neuropsychologia.* 2015 dec; 79(2015): 332-343.

26 Brasileiro A, Gama G, Trigueiro L, Ribeiro T, Silva E, Galvão E, *et al.* Influence of visual and auditory biofeedback on partial body weight support treadmill training of individuals with chronic hemiparesis: a randomized controlled clinical trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2015 feb; 51(1): 49-58.

27 Takami A, Wakayama S. Effects of partial body weight support while training acute stroke patients to walk backwards on a treadmill – A controlled clinical trial using randomized allocation. *J Phys Ther Sci.* 2010; 22: 177-187.