

Diadococinesia sequencial em crianças fluentes e com gagueira desenvolvimental persistente: análise da velocidade e tipo do erro da consoante alvo

Sequential diadochokinesis in fluent and stuttering children: rate of production and type of errors

Fabiola Staróbole Juste¹, Ana Paula Ritto¹, Kalil Garcia do Nascimento Silva¹, Claudia Regina Furquim de Andrade¹

RESUMO

Objetivo: Comparar a performance motora oral complexa em crianças com gagueira persistente do desenvolvimento e em crianças fluentes, a partir do cálculo da velocidade de produção da diadococinesia sequencial (DDK/SMR) e análise da tipologia de desvio da consoante alvo. **Métodos:** Participaram do estudo 46 crianças com idades entre 4 anos e 11 anos e 11 meses, divididas em dois grupos: Grupo Pesquisa (GI), composto por 23 crianças com diagnóstico de gagueira; Grupo Controle (GII), composto por 23 crianças fluentes, pareadas por gênero e idade aos participantes do GI. Para cada participante, foram coletadas e gravadas três amostras de DDK/SMR em janelas de 15 segundos cada, sendo analisadas, posteriormente, a velocidade de produção articulatória, o número e os tipos de erros apresentados nas amostras. **Resultados:** Os grupos não se diferenciaram em nenhuma das variáveis testadas, ou seja, apresentaram desempenhos semelhantes quanto à velocidade de produção articulatória, quanto ao número de erros e quanto aos tipos de erros (o desvio da consoante alvo mais frequente foi a inversão, para ambos os grupos). **Conclusão:** As crianças com gagueira do desenvolvimento e as crianças fluentes apresentaram desempenho semelhante nas variáveis testadas, sugerindo que a prova de diadococinesia sequencial não foi eficiente para auxiliar na identificação precoce da gagueira em crianças.

Descritores: Gagueira; Fala; Crianças; Medida da produção da fala; Acústica

ABSTRACT

Purpose: To compare the oral motor performance of stuttering and fluent children based on the production rate of sequential diadochokinesis (DDK) and on the type of errors. **Methods:** Participants were 46 children, aged between 4 years and 11 years and 11 months, divided into two groups: Research Group (GI), composed of 23 children with persistent developmental stuttering; Control Group (GII), composed of 23 fluent children, paired by age and gender to participants of GI. For each participant, three samples of sequential DDK were recorded in 15-second windows. These samples were later analyzed considering articulatory rate, and number and type of consonant errors per sample. **Results:** The groups did not present significant differences when considering the analyzed variables. Both fluent and stuttering children presented similar performances for articulatory rate and consonant errors (i.e., the most frequent type of error was consonant exchange). **Conclusion:** Children with developmental stuttering and their fluent peers presented similar performances in all of the tested variables, suggesting that sequential DDK was not enough to identify the stuttering group.

Keywords: Stuttering; Speech; Children; Speech production measurement; Acoustics

Trabalho realizado no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP).

(1) Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (PIBIC processo nº 2011-913).

Conflito de interesses: Não

Contribuição dos autores: *FSJ* levantamento da literatura, análise dos resultados, redação do artigo, submissão e trâmites; *APR* levantamento da literatura, análise estatística dos dados; *KGNS* coleta e tabulação dos dados; *CRFA* orientadora, pesquisadora principal, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, levantamento da literatura, análise dos dados, aprovação da versão final do artigo.

Autor correspondente: Claudia Regina Furquim de Andrade. E-mail: clauan@usp.br

Recebido em: 26/11/2015; **Aceito em:** 9/3/2016

INTRODUÇÃO

Os modelos e pesquisas de produção da fala são pautados em como o falante usa o trato vocal para transmitir sua mensagem potencial ao ouvinte. Para a compreensão da produção da fala, há a necessidade de distinção entre controle motor do movimento de fala e de não fala (comportamentos motores orais não linguísticos). Essa distinção envolve o conceito básico de que o mecanismo subjacente das ações motoras é controlado por um processo que está direcionado a uma meta ou produto final^(1,2,3,4,5,6,7,8,9).

Na perspectiva da teoria de sistemas dinâmicos, tarefas específicas demandam dos componentes esqueléticos e neuromusculares que o ato motor planejado seja uma unidade única, com um padrão auto-organizado, em equilíbrio sinérgico, que interaja com outras unidades, formando um sistema que se organiza e se dissolve espontaneamente, em função da meta a ser atingida⁽³⁾.

As metas motoras compõem as funções motoras da face, que podem ser de natureza involuntária (aquelas com base metabólica ou vegetativa - respiração, deglutição (a partir da fase faríngea), bocejo, soluço, etc – uma vez começado, o movimento segue uma sequência constante e típica, sendo controlado por uma rede neural autônoma); de expressão emocional (aquelas que indicam um estado afetivo - risada, sorriso, choro, suspiro – sendo controlados por uma rede neural límbica); de atividades motoras orais (utilizadas em baterias de avaliação clínica para teste das habilidades funcionais práxicas e dos nervos cranianos, geralmente executadas por imitação ou comando); musicais (domínio de algumas estruturas e organização motora para tocar um determinado instrumento musical – saxofone, flauta, gaita, etc) e de fala (atividade motora fina, complexa, com processamentos paralelos e simultâneos, adquirida pela aprendizagem e executada dentro de um plano fonético determinado por uma língua natural)^(1,2,3,4,5).

As pesquisas sobre a produção da fala e a sua relação com as outras funções motoras da face ainda não explicam se os movimentos de fala são, realmente, controlados por uma engenharia neural universal (cujos comandos motores se diferenciam na meta a ser atingida), dependente do tipo de tarefa, ou se decorre de uma formulação motora específica, dada em níveis e gerada para a produção da emissão desejada (é utilizado o mesmo aparato, mas com comandos específicos, complexos e sofisticados de força, precisão, fluxo e maleabilidade)^(1,2,3,4,5,6).

A produção motora da fala, em condições normais, envolve o controle temporal de eventos, em que o comando motor e a configuração do trato vocal são controlados por uma representação interna que indica o direcionamento articulatorio, a harmonia e precisão da transição fonêmica e a estrutura compensatória, no caso de haver perturbações que possam comprometer a precisão do sinal de fala (controle de *feedback* auditivo e somatossensorial), gerado em tempo real, para correção dos desvios articulatorios que causem desvios da fluência, da velocidade e da suavidade do fluxo da fala^(6,7,8,9).

A fluência pode ser considerada um descritor de performance de fala, um produto da linguagem, transformada em movimentos e sons, em ordem temporal, sequencial e pertinente a cada língua natural. A fluência se diferencia dos demais componentes da linguagem (gramatical, sintático, lexical) por caracterizar um padrão automático, o que torna possível que a fala seja percebida como ininterrupta. A velocidade pode ser entendida como a medida da quantidade de fala produzida em um determinado espaço de tempo. A suavidade da fala é o resultado da produção e transição motoras realizadas sem esforço (programa motor unificado que seleciona os fonemas certos, no tempo e na ordem correta, sem necessidade de atenção para o ato)^(10,11,12).

Fluência e suavidade da fala decorrem da prática, da aprendizagem. Conforme os programas motores são produzidos, corrigidos e repetidos, os atos se tornam naturais (o comando motor é gerado, a interação entre os músculos é organizada, há menor necessidade de controle do sistema e menor demanda de esforço)^(10,11,12). Um dos distúrbios mais conhecidos da fluência é a gagueira persistente do desenvolvimento.

A gagueira persistente do desenvolvimento é entendida como um distúrbio metabólico hereditário, com características de cronicidade e graus variáveis de gravidade. A provável origem da gagueira, ou seja, o que é transmitido geneticamente, é a inabilidade na atualização automática dos modelos internos (relativos à dinâmica do sistema efetor de comando motor de execução), levando às consequências sensoriais de repetição ou bloqueio do movimento, impedindo a finalização da ordem motora gerada, ocasionando uma contínua reinicialização do sistema. A sintomatologia da gagueira (rupturas involuntárias do fluxo da fala) modifica a naturalidade da fala, tornando a comunicação tensa, desafiadora e frustrante^(13,14,15,16,17,18).

Um dos testes utilizados para avaliar a produção motora da fala é a diadococinesia (DDK), utilizada para determinar a velocidade e regularidade dos movimentos de mandíbula, lábios e língua. A DDK permite avaliar a precisão articulatória, refletindo a maturação e a integração das estruturas envolvidas na fala^(19,20). A velocidade de repetição dos segmentos articulatorios pode ser aferida em duas diferentes tarefas: a DDK de movimentação alternada (*alternating motion rate* – AMR) e a DDK de movimentação sequencial (*sequential motion rates* – SMR). A AMR determina a velocidade e a regularidade de movimentos recíprocos de mandíbula, lábios e língua, permitindo, ainda, avaliar a precisão articulatória e o suporte respiratório e fonatório. A tarefa de SMR é uma medida de habilidade de mover rapidamente e numa sequência pré-determinada, os articuladores, de uma posição para outra^(21,22).

Apesar do pequeno número de estudos na literatura sobre o processamento de controle motor em crianças com gagueira, existem evidências de que elas apresentam dificuldade no planejamento e programação dos movimentos de fala⁽²³⁾. Um estudo que pesquisou a taxa DDK em crianças que gaguejam concluiu que uma grande porcentagem apresentou alterações

motoras orais, evidenciadas por seu baixo desempenho, durante tarefas motoras que envolviam a fala⁽²⁴⁾. Por outro lado, outro estudo, que comparou as taxas de DDK sequencial entre crianças gagas e seus pares fluentes, não encontrou diferenças estatisticamente significantes entre os grupos⁽²⁵⁾.

Com base nas considerações apresentadas e diante do desafio de encontrar instrumentos que auxiliem na identificação precoce da gagueira persistente do desenvolvimento, o objetivo do presente estudo foi comparar a performance motora oral complexa em crianças com gagueira persistente do desenvolvimento e em crianças fluentes, a partir do cálculo da velocidade de produção da diadococinesia sequencial (DDK/SMR) e análise da tipologia de desvio da consoante alvo (TDCA). Este objetivo se justifica pelo desafio de encontrar instrumentos que auxiliem na identificação precoce da gagueira persistente do desenvolvimento.

MÉTODOS

A pesquisa foi delineada como um estudo transversal. Os processos de seleção e avaliação seguiram os processos éticos pertinentes: parecer da Comissão de Ética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), CAPPesq 266/05, e a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelas famílias dos participantes.

Participantes

Participaram do estudo 46 crianças, com idades entre 4 anos e 11 anos e 11 meses, divididas em dois grupos:

Grupo Pesquisa (GI): composto por 23 crianças (18 do gênero masculino e cincodo gênero feminino, 13 com idades entre 4 anos e 7 anos e 11 meses e 10 com idades entre 8 anos e 11 anos e 11 meses—média de idade de $7,19 \pm 2,24$), com diagnóstico de gagueira persistente do desenvolvimento, com gravidade superior a 3% de taxa de rupturas gagas⁽²⁶⁾ e grau, no mínimo, leve, no SSI-3⁽²⁷⁾, sem qualquer outro deficit comunicativo, neurológico e cognitivo associado. Para a composição do grupo, não houve distinção de raça, gênero e nível socioeconômico e social. Todos os participantes eram residentes no município de São Paulo e Grande São Paulo.

Grupo Controle (GII): composto por 23 crianças, pareadas por gênero e idade ao GI, sem queixa de gagueira e sem qualquer deficit comunicativo, neurológico e cognitivo. Para a composição do grupo, não houve distinção de raça, gênero e nível socioeconômico e social. Todos os participantes eram residentes no município de São Paulo e Grande São Paulo.

Material

Para a gravação das amostras da DDK/SMR, foi utilizado um microfone da marca LeSon Gooseneck®, tendo sido

previamente estabelecida uma distância de 8 a 10 cm entre a boca da criança e o microfone, em um ângulo de 45°.

As amostras da DDK/SMR foram armazenadas, tanto para a coleta, como para a análise dos dados, no programa PRAAT 4.2 (de uso livre), instalado em um computador Dell®, tipo desktop de alta resolução. O programa consiste em um aplicativo destinado a transformar um sinal de áudio digitalizado em uma representação matemática da frequência, em função do tempo.

Procedimentos

Os procedimentos descritos a seguir foram aplicados a todos os participantes (GI e GII).

1. Coleta da DDK/SMR e constituição dos DDKs *trials*: após o correto posicionamento da criança em frente ao computador, como já mencionado, foi solicitado a ela que emitisse, ininterruptamente, a sequência “pa-ta-ka”, o mais rápido possível, sem perder a precisão articulatória, assim que ouvisse o bip do cronômetro. Essa coleta foi realizada por três vezes, tendo sido, para isso, abertas janelas de 15 segundos para cada sequência. A constituição dos DDKs *trials* foi realizada de acordo com metodologia descrita em literatura⁽²⁸⁾ e constituída por dez repetições do alvo (1 DDK *trial* = 10 repetições de “pataka”). Cada DDK *trial* foi constituído considerando-se os erros, ou seja, se a criança emitiu, por exemplo, “pa-ta” repetidamente, cada emissão contou como uma repetição contendo um erro de omissão.

2. Cálculo da velocidade de produção dos *trials* pelo tempo total e de segmentos da amostra de DDK/SMR:

- Tempo total da amostra (15 segundos): foi calculada a velocidade de DDKs, considerando um único *trial* (10 repetições de “pa-ta-ka”), dividido pelo tempo necessário para a realização dessa tarefa, para cada uma das três amostras. O resultado analisado foi a média aritmética das três velocidades obtidas;
- Tempo de segmento das amostras: foram calculadas as velocidades de DDKs, no primeiro segmento da amostra (0-8s), considerado o mais vulnerável para as crianças gagas, e o segundo segmento da amostra (8-15s). O resultado analisado foi a média aritmética de velocidade das três coletas obtidas para cada segmento.

3. Tipologia de desvio da consoante alvo (TDCA) – análise dos erros:

O levantamento dos tipos de erros foi realizado de acordo com metodologia já descrita em literatura⁽²⁸⁾. Os possíveis tipos de erros produzidos são:

- Inserção: segmento ou sílaba extra inseridos na ordem original da sequência. Exemplo: “pa-ta-ta-ka”.
- Omissão: segmento ou sílaba omitidos da ordem original da sequência. Exemplo: “pa-ta”.
- Vozeamento: par sonoro produzido em substituição ao som não vozeado. Exemplo: “ba-da-ga”.

- d) Localização: segmento mantido (três consoantes), mas de forma incorreta, por mudança da consoante ou repetição de alguma das sílabas. Exemplo: “pa-ka-ka”.
- e) Inversão: sílabas emitidas fora de suas posições de modelo. Exemplo: “pa-ka-ta”.
- f) Perseveração: sílaba produzida e repetida na sequência. Exemplo: “pa-pa-ka”.

Sendo assim, foram estabelecidos, para cada participante do GI e do GII, a velocidade do *trial*, o segmento da amostra de 15 segundos (primeiro de 0 a 8 segundos, ou o segundo de 8 a 15 segundos) que apresentou maior número de erros e o erro mais frequente.

Análise dos dados

As análises descritivas para os dados quantitativos com distribuição normal foram realizadas apresentando as médias acompanhadas dos respectivos desvios padrão. Os pressupostos da distribuição normal, em cada grupo, foram avaliados com o teste de Shapiro-Wilk.

Para as variáveis quantitativas com distribuição normal, em que foram realizadas comparações entre dois grupos, foi utilizado o teste t de Student. Para as variáveis sem distribuição normal, o teste Mann-Whitney (intergrupos) e o teste de sinais dos postos de Wilcoxon (intragrupos). O teste de Friedman foi utilizado para realizar comparações entre mais de dois grupos (tipos de erros). Quando foi necessário realizar comparações múltiplas, utilizou-se o teste dos postos de sinais de Wilcoxon, com uma correção de Bonferroni (α de 0,03). Foi considerada uma probabilidade de erro do tipo I (α) de 0,05 em todas as análises inferenciais.

As análises estatísticas descritivas e inferenciais foram executadas com o *software* SPSS, versão 13 (SPSS 13.0 for Windows).

O teste de Shapiro-Wilk indicou distribuição normal para as comparações entre os grupos, quanto ao número de erros e quanto à velocidade. Para estas variáveis quantitativas com distribuição normal, em que foram realizadas comparações entre dois grupos (GI e GII), foi utilizado o teste t de Student.

RESULTADOS

A partir das análises realizadas, foram obtidos os seguintes resultados:

Os grupos de crianças com gagueira e crianças fluentes não apresentaram diferenças significativas quanto à velocidade de produção dos *trials*. A média da velocidade obtida a partir das três amostras coletadas está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise intergrupos quanto à velocidade de produção dos *trials*

Grupo	Média (DP)	T	Valor de p
GI	0,13 (0,04)	-1,853	0,071
GII	0,16 (0,02)		

Teste t de Student ($p \leq 0,05$)

Legenda: GI = grupo pesquisa; GII = grupo controle; DP = desvio padrão

Com relação ao número total de erros da média das três amostras de 15 segundos e a análise do número de erros por segmento (primeiro segmento – de 0 a 8 segundos e segundo segmento – de 8 a 15 segundos), foi possível observar que os grupos GI e GII não se diferenciaram significativamente quanto ao número total de erros apresentados por segmento, nas amostras de 15 segundos. Observou-se, ainda, em ambos os grupos, que o primeiro segmento apresentou um número maior de erros, quando comparado ao segundo segmento (Tabela 2).

Quanto à distribuição dos tipos de erros para cada um dos grupos, observou-se, ao realizar as comparações sobre o tipo de erro mais frequente, que as variáveis analisadas não apresentaram distribuição normal, sendo utilizado o teste de Friedman para estas comparações (Tabela 3).

Com relação à ocorrência do tipo de erro para o GI e para o G2, os resultados indicaram que o erro mais frequente, para ambos os grupos, foi a inversão ($p < 0,001$) (Figura 1 e Figura 2).

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a performance motora oral complexa em crianças com gagueira e em crianças fluentes, a partir do cálculo da velocidade de produção da diadococinesia sequencial, e analisar o tipo de erro cometido

Tabela 2. Análise intergrupos quanto ao número total de erros da amostra (15 segundos) e número de erros em cada segmento (0 a 8s/8 a 15s)

	Grupo	Média (DP)	T	Valor de p
Número total de erros	GI	11,99 (3,75)	-0,195	0,846
	GII	13,91 (4,32)		
Número de erros por segmento	GI 0-8s	7,47 (2,94)	-0,187	0,036*
	GI 8-15s	4,52 (1,85)		
	GII 0-8s	9,65 (3,24)	-0,197	<0,001*
	GII 8-15s	4,26 (1,57)		

Teste t de Student ($p \leq 0,05$)

Legenda: GI = grupo pesquisa; GII = grupo controle; DP = desvio padrão

Tabela 3. Análise intragrupo GI e GII quanto ao tipo de erro mais frequente

Tipo de erro	Média (DP)	Mínimo	Máximo
GI			
Inserção	0,38 (0,52)	0	1,66
Omissão	1,12 (2,34)	0	9
Vozeamento	0,05 (0,21)	0	1
Localização	0,33 (0,6)	0	2,66
Inversão	3,5 (2,54)	0	8,33
Perseveração	0,6 (1,28)	0	4,33
GII			
Inserção	0,59 (1,99)	0	9,66
Omissão	1,01 (1,93)	0	9
Vozeamento	0,04 (0,11)	0	0,33
Localização	0,2 (0,44)	0	2
Inversão	4,09 (3,03)	0	9,66
Perseveração	0,34 (1,16)	0	4,66

Teste de Friedman ($p \leq 0,05$)

Legenda: GI = grupo pesquisa; GII = grupo controle; DP = desvio padrão

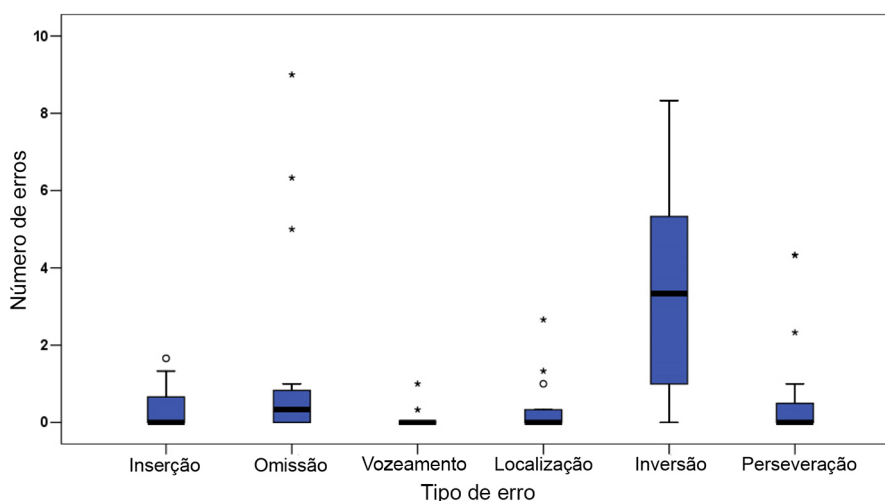
durante esta atividade. Os resultados obtidos demonstraram que os grupos não se diferenciaram em nenhuma das variáveis testadas, ou seja, apresentaram desempenhos semelhantes quanto à medida de habilidade para transição motora rápida, quanto à precisão e regularidade do movimento articulatório, quanto ao impacto da ação motora em segmento inicial e final da amostra e quanto ao tipo de erro (desvio da consoante alvo mais frequente).

Um estudo realizado anteriormente, que teve como objetivo analisar, acusticamente, tarefas de DDK em crianças com gagueira e em crianças fluentes, falantes do Português Brasileiro⁽²⁹⁾, concluiu que não houve diferença significativa

entre os grupos, quanto à duração das sílabas, período médio entre as sílabas e pico de intensidade. Ao final do estudo, os autores especulam que, possivelmente, diferenças entre os grupos de crianças com gagueira e crianças fluentes poderiam ser encontradas a partir da análise do tipo de erro encontrado em tarefa de DDK/SMR. No presente estudo, verificou-se que esta variável também não diferenciou os grupos, quer quantitativamente, quer qualitativamente. Ambos os grupos apresentaram o mesmo tipo de erro mais frequente, a inversão.

Um estudo americano⁽²⁸⁾ realizado com crianças fluentes, que utilizou a mesma metodologia de análise de erros do presente estudo, indicou que o tipo de erro mais frequente foi a omissão. Os autores alegam que uma possível explicação para esse tipo de erro seja a dificuldade das crianças em realizar provas que envolvam não palavras, pois quando, ao invés de pronunciar “puhtuhkun”, era solicitado que as crianças pronunciassem “pattycake” (mesma sequência de sons, porém, com significado semântico), o número de erros produzidos pelas crianças era reduzido. A maior ocorrência do erro de inversão, apresentado por ambos os grupos do presente estudo, pode ser entendida como uma tentativa de aproximação da sequência alvo (“pataka”) para uma palavra mais conhecida semanticamente (“pacata ou pocotó”, onomatopéia infantil para cavalo).

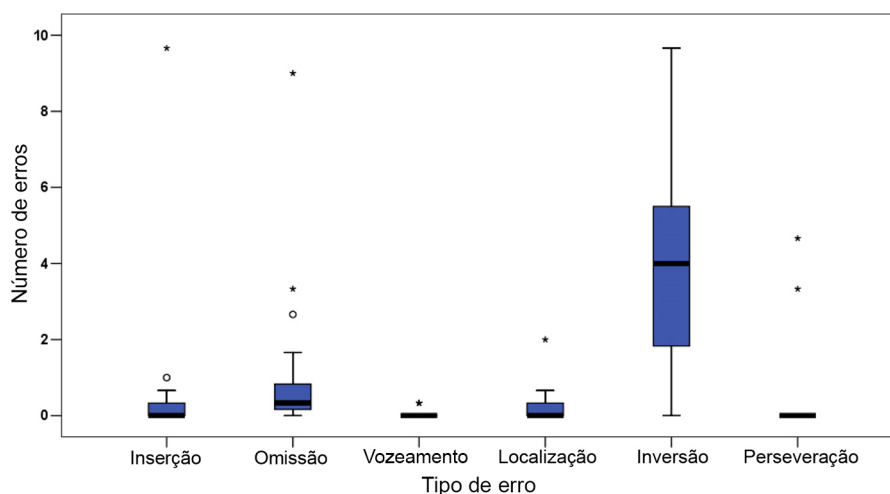
Os resultados deste estudo indicam a necessidade de realizar a distinção entre controle motor do movimento de fala (produção de informação) e não fala. As crianças do GI possuíam diagnóstico de gagueira, ou seja, em relação aos movimentos de fala, esse grupo era consistentemente diferente do grupo controle fluente, porém, quando pesquisados movimentos de não fala (movimentação articulatória sem produção de informação), como no caso da DDK, os grupos apresentaram desempenho semelhante. Diante destas constatações, é possível sugerir a existência de uma distinção no mecanismo subjacente das ações motoras, em que a fala é a meta ou produto final^(1,3,4).



Teste dos postos de sinais de Wilcoxon com correção de Bonferroni ($p < 0,001$)

Legenda: GI = grupo pesquisa

Figura 1. Distribuição do número total de erros de GI de acordo com os tipos



Teste dos postos de sinais de Wilcoxon com correção de Bonferroni ($p < 0,001$)

Legenda: GII = grupo controle

Figura 2. Distribuição do número total de erros de GII de acordo com os tipos

Diante do exposto, os resultados obtidos sugerem que a prova de diadococinesia sequencial não contribuiu para a identificação precoce da gagueira em crianças. A partir desses resultados, é possível sugerir, ainda, que processos terapêuticos que utilizam exercícios e manobras de não fala para estimulação da fala fluente são contraindicados para crianças com gagueira, por não produzirem efeito de melhora.

CONCLUSÃO

Os grupos de crianças de 4 a 11 anos de idade, com gagueira do desenvolvimento e crianças fluentes, participantes deste estudo, apresentaram desempenho semelhante em todas as variáveis testadas, sugerindo que a prova de diadococinesia sequencial não foi eficiente para a identificação precoce da gagueira em crianças.

REFERÊNCIAS

- Kent RD. Models of speech motor control: implications from recent developments in neurophysiological and neurobehavioral science. In: Maassen B, Kent RD, Peters HFM, Lieshout PHHM, Hulstijn W. *Speech motor control in normal and disordered speech*. Oxford: Oxford University Press; 2004. p. 3-28.
- Peters HFM, Hulstijn W, Van Lieshout PHHM. Recent developments in speech motor research into stuttering. *Folia Phoniatr Logop*. 2000;52(1-3):103-19. <http://dx.doi.org/10.1159/000021518>
- Lieshout PHHM. Dynamical system theory and its application in speech. In: Maassen B, Kent RD, Peters HFM, Lieshout PHHM, Hulstijn W. *Speech motor control in normal and disordered speech*. Oxford: Oxford University Press; 2004. p. 51-84.
- Perrier P. About speech motor control complexity. In: Harrington J, Tabain M. *Speech production: models, phonetic processes, and techniques*. New York: Psychology Press; 2006. p. 13-26.
- Ziegler W. Distinctions between speech and nonspeech motor control. In: Harrington J, Tabain M. *Speech production: models, phonetic processes, and techniques*. New York: Psychology Press; 2006. p. 41-54.
- Ackerman H, Riecker A. The contribution of the insula to motor aspects of speech production: a review and a hypothesis. *Brain Lang*. 2004;89:320-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S0093-934X\(03\)00347-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00347-X)
- Guenther FH, Ghosh SS, Tourville JA. Neural modeling and imaging of the cortical interactions underlying syllable production. *Brain Lang*. 2006;96(3):280-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandl.2005.06.001>
- Kleinow J, Smith A. Potential interactions among linguistic, autonomic, and motor factors in speech. *Dev Psychobiol*. 2006;48(4):275-87. <http://dx.doi.org/10.1002/dev.20141>
- Walsh B, Smith A., Weber-Fox C. Short-term plasticity in children's speech motor systems. *Dev Psychobiol*. 2006;48(8):660-74. <http://dx.doi.org/10.1002/dev.20185>
- Smith A. Speech motor development: integrating muscles, movements, and linguistic units. *J CommunDisord*. 2006;39(5):331-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.06.017>
- Smith A, Zelaznik HN. Development of functional synergies of speech motor coordinations in childhood and adolescence. *Dev Psychobiol*. 2004;45(1):22-33. <http://dx.doi.org/10.1002/dev.20009>
- Munhall KG. Functional imaging during speech production. *Acta Psychol (Amst)*. 2001;107(1-3):95-117. [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-6918\(01\)00026-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-6918(01)00026-9)
- Kang C, Riazuddin S, Mundorff J, Krasnewich D, Friedman P, Mullikin J et al. Mutations in the lysosomal enzyme: targeting pathway and persistent stuttering. *N Engl J Med*. 2010;362(8):677-85. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa0902630>
- Subramanian A, Yari E. Identification of traits associated with stuttering. *J Commun Disord*. 2006;39(3):200-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2005.12.001>
- Andrade CRF, Juste FS, Fortunato-Tavares TM. Priming lexical

- em crianças fluentes e com gagueira do desenvolvimento. *CoDAS*. 2013;25(2):95-101. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-17822013000200002>
16. Suresh R, Ambrose N, Roe C, Pluzhnikov A, Wittke-Thompson JK, Ng MC et al. New complexities in the genetics of stuttering: significant sex –specific linkage signals. *Am J Hum Genet*. 2006;78(4):554-63. <http://dx.doi.org/10.1086/501370>
17. Thompson PM, Cannon TD, Narr KL, Van Erp T, Poutanen VP, Huttunen M et al. Genetic influence on brain structure. *Nature Neurosci*. 2001;4(12):1253-1258. <http://dx.doi.org/10.1038/nn758>
18. Wittked – Thompson JK, Ambrose N, Yairi E, Roe C, Cook EH, Ober C, et al. Genetic studies of stuttering in a founder population. *J Fluency Disord*. 2007;32(1):33-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfludis.2006.12.002>
19. Duffy JR. *Motor speech disorders*. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2005.
20. Fimbel EJ, Domingo PP, Lamoureux D, Beuter A. Automatic detection of movement disorders using recordings of rapid alternating movements. *J Neurosci Methods*. 2005;146(2):183-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2005.02.007>
21. Freed D. *Motor speech disorders: diagnosis and treatment*. San Diego: Singular; 2000.
22. Andrade CRF, Queiróz DP, Sassi FC. Eletromiografia e diadococinesia: estudo com crianças fluentes e com gagueira. *Pro Fono*. 2010;22(2):77-82. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000200001>
23. Olander L, Smith A, Zelaznik HN. Evidence that a motor timing deficit is a factor in the development of stuttering. *J Speech Lang Hear Res*. 2010;53(4):876-86. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/09-0007](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2009/09-0007)
24. Riley G, Riley J. A component model for diagnosing and treating children who stutter. *J Fluency Disord*. 1979;4(4):280-93. [http://dx.doi.org/10.1016/0094-730X\(79\)90004-4](http://dx.doi.org/10.1016/0094-730X(79)90004-4)
25. Yaruss JS, Logan KJ, Conture EG. Speaking rate and diadochokinetic abilities of children who stutter. In: Starkweather CW, Peters HFM. *Stuttering: proceedings of the First World Congress of Fluency Disorders*. Nijmegen: Nijmegen University Press; 1995. p. 283-6.
26. Andrade CRF. Protocolo para a avaliação da fluência da fala. *Pro Fono*. 2000;12(2):131-4.
27. Riley GD. *A stuttering severity instrument for children and adults*. Austin: Pro-Ed; 1994.
28. Yaruss JS, Logan KJ. Evaluating rate, accuracy and fluency of young children's diadochokinetic productions: a preliminary investigation. *J Fluency Disord*. 2002;27(1):65-85. [http://dx.doi.org/10.1016/S0094-730X\(02\)00112-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0094-730X(02)00112-2)
29. Juste FS, Rondon S, Sassi FC, Ritto AP, Colalto CA, Andrade CRF. Acoustic analyses of diadochokinesis in fluent and stuttering children. *Clinics*. 2012;67(5):409-414. [http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2012\(05\)01](http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2012(05)01)