

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

Faculdade de Ciências Humanas da Saúde

Curso de Fisioterapia

MARIA LUIZA TRIOLO RIBEIRO

**Relação entre a coordenação motora e a função executiva em adultos e
idosos saudáveis**

São Paulo - SP

2020

MARIA LUIZA TRIOLO RIBEIRO

Relação entre a coordenação motora e a função executiva em adultos e idosos saudáveis

Projeto de conclusão de curso apresentado ao Curso de Fisioterapia do Departamento Teorias e Métodos em Fisioterapia e Fonoaudiologia da Faculdade de Ciências Humanas e da Saúde da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Orientadora: Profa. Dra. Mariana Callil Voos

Co-orientadoras: Ft. Ms. Daniela Melo de Almeida e Fga. Esp. Fernanda da Rocha Cleto

São Paulo - SP

2020

SUMÁRIO

1. Introdução.....	5
2. Objetivo	7
2.1 Objetivo principal	7
2.2 Objetivo secundário.....	7
3. Método	8
3.1 Delineamento do estudo	8
3.2 Participantes	8
3.3. Procedimentos	9
3.3.1 Avaliação dos critérios de inclusão e exclusão dos participantes	9
3.4 Análise estatística	12
4. Resultados	14
5. Discussão	17
6. Conclusão	19
7. Referências.....	20

RESUMO

Introdução: A função executiva é responsável pela resolução de problemas cotidianos, de forma integrada e organizada. Ajuda o indivíduo a se adaptar às demandas ambientais e pode ser avaliada por testes como o Trail Making Test (TMT). Sabe-se que a função executiva é influenciada pela idade e escolaridade. No entanto, não há dados normativos para a diadococinesia. A diadococinesia é a capacidade de realizar movimentos rápidos e alternados nos membros superiores e inferiores. A avaliação da diadococinesia é realizada por meio de movimentos alternados de pronação e supinação das mãos e é utilizada para uma avaliação neurológica da coordenação dos movimentos voluntários. **Objetivo:** O presente estudo teve como objetivos investigar (1) possíveis diferenças na coordenação motora e função executiva de adultos e idosos com escolaridade alta e baixa e (2) possíveis correlações entre coordenação motora e função executiva nessa amostra. **Métodos:** Participaram do estudo 75 indivíduos (30-89 anos), dentre adultos e idosos, saudáveis. Foram avaliados a função executiva (com o *Trail Making Test*) e os movimentos de diadococinesia de membros superiores: com supinação-pronação do antebraço direito, esquerdo, de ambos os antebraços em fase (espelhados) e em antifase (alternados). Para verificar possíveis influências da idade e da escolaridade na função executiva e coordenação motora, foi usada análise de variância. Para investigar relações entre a função executiva e a diadococinesia, foi aplicado o teste de correlação de Pearson, com as correções por idade e escolaridade ($p < 0,05$). **Resultados:** A idade e a escolaridade influenciaram na função executiva. Os idosos com escolaridade baixa foram significativamente mais lentos na parte B (parte cognitivo-motora) e no delta (parte cognitiva) do TMT. A idade e a escolaridade também interferiram no número de repetições no teste de coordenação motora. O número de repetições foi mais baixo em antifase para todos os grupos, sobretudo para os idosos com escolaridade baixa. A parte B do TMT (cognitivo-motora) se correlacionou com a parte A do TMT (motora) e com o delta TMT (cognitiva). As repetições da diadococinesia com o membro direito, esquerdo, fase e antifase se correlacionaram. Porém, não houve correlação moderada ou forte entre a função executiva (TMT) e a coordenação motora (diadococinesia). **Conclusão:** A idade e a escolaridade influenciaram na função executiva e a coordenação motora. Porém, os testes de função executiva e coordenação motora não apresentaram correlação quando esses dois fatores foram corrigidos.

Palavras-chave: escolaridade, cognição, idoso, função executiva.

1. Introdução

A população brasileira está envelhecendo e ainda tem escolaridade relativamente baixa, quando comparada a outras populações. Segundo o IBGE¹, em 2016, 51% da população de 25 anos ou mais de idade do Brasil tinham no máximo o ensino fundamental completo. Além disso, os indivíduos com 60 anos ou mais inseridos no mercado de trabalho possuíam em média cinco a sete anos de estudo. Uma das maiores dificuldades é decidir se alterações mais sutis, observadas nos testes de função executiva e coordenação motora, deve-se a um quadro neurológico inicial ou à baixa escolaridade.

No córtex pré-frontal é mediada a função executiva, responsável pela resolução de problemas cotidianos, de forma integrada e organizada². A função executiva ajuda o indivíduo a se adaptar às demandas ambientais. A avaliação da função executiva pode ser avaliada por testes como o Trail Making Test (TMT). Esse teste utiliza sequências de letras e números, exigindo flexibilidade mental³. Assim como na diadococinesia motora, exige mudança de direção e agilidade motora. De acordo com a literatura, a função executiva interfere diretamente no desempenho motor^{4, 5, 6}. Sabe-se que a escolaridade formal amplia a capacidade dos indivíduos desenvolverem estratégias para realização de tarefas⁷.

Embora classificações por idade e escolaridade tenham sido bem documentadas para a função executiva, não existem dados com essa mesma análise para a avaliação da coordenação motora. A diadococinesia é a capacidade de realizar movimentos rápidos e alternados na fala ou membros superiores⁸. Essa rápida repetição é frequentemente utilizada na neurologia clínica, na fisioterapia e na fonoaudiologia, por oferecer maior detalhamento e confiabilidade nos dados obtidos, em relação a outros métodos de avaliação da coordenação⁹.

A avaliação da diadococinesia dos membros superiores é realizada com a solicitação de movimentos alternados de pronação e supinação das mãos¹⁰. É utilizada para avaliar a coordenação dos movimentos voluntários. Essa execução é classificada como uni ou bimanual e envolve o processamento neural no tálamo, núcleos da base, cerebelo e tronco encefálico que se ligam a outras estruturas corticais¹¹. Em suas divisões, o cerebelo exerce uma modulação de extrema importância nos movimentos voluntários. No neocerebelo, são recebidos os impulsos para modulação da contratatura e do tônus muscular. Essa modulação controla a atividade da musculatura para execução do movimento planejado, acionando os músculos agonistas, antagonistas e sinérgicos¹².

A alteração de movimentos rápidos foi investigada por Daneault et. al¹¹ em pacientes com doença de Parkinson e de Huntington, que expressaram déficits na coordenação bimanual. Numa população de idosos saudáveis, Pierce et. al⁸ pontuaram que a alteração na diadococinesia da fala, mas não exploraram a motora. Em 2010, Haaxma et al.¹³ realizaram a contagem da diadococinesia em membros superiores direito e esquerdo em pacientes com doença de Parkinson e em um grupo controle. Indivíduos saudáveis realizaram, em média, duas repetições a mais por membro, comparados aos indivíduos com doença de Parkinson, num recorte de 10 segundos do tempo avaliado.

A avaliação cognitivo-motora é de extrema importância na prática clínica, já que reflete de forma mais fidedigna as atividades cotidianas^{6, 14, 15}. No entanto, alterações de coordenação motora típicas da idade, ou de baixa escolaridade, podem ser confundidas com déficits neurológicos, uma vez que não há padronização do teste de diadococinesia para idosos com escolaridade baixa. O presente estudo teve como objetivos investigar (1) possíveis diferenças na coordenação motora e função executiva de adultos e idosos com escolaridade alta e baixa e (2) possíveis correlações entre coordenação motora e função executiva nessa amostra.

2. Objetivo

2.1 Objetivo principal

Investigar a influência da idade e da escolaridade em testes de coordenação motora e função executiva.

2.2 Objetivo secundário

Investigar possíveis correlações entre coordenação motora e função executiva.

3. Método

3.1 Delineamento do estudo

Foi realizado um estudo observacional transversal.

3.2 Participantes

Foram recrutados 120 voluntários saudáveis, com idade entre 30 e 89 anos, de ambos os sexos, pertencentes à Comunidade USP (professores, estudantes, acompanhantes de pacientes, funcionários), por folders, cartazes, convites verbais. Os critérios de inclusão foram: mínimo de dois anos de estudo formal e visão normal ou corrigida por lentes. Os critérios de exclusão foram: 25 pontos no Mini Exame do Estado Mental (MEEM) para participantes com dois a quatro anos de escolaridade; 26 pontos para participantes com cinco a oito anos; 28 pontos para escolaridade formal entre nove e onze anos; 29 para participantes com mais de onze anos de escolaridade¹⁶. Voluntários com doenças neurológicas e/ou psiquiátricas, com distúrbios de fala ou de nervos cranianos, ou ainda com qualquer alteração odontológica também foram excluídos. Participantes com doença cardiovascular, respiratória, ortopédica, reumatológica ou metabólica foram excluídos somente quando o quadro apresentado interferiu no desempenho nos testes.

Doze voluntários foram excluídos por apresentarem escolaridade abaixo de dois anos de estudo formal. Quinze foram excluídos por apresentarem dificuldade para leitura de um texto com letra arial 12, por estarem sem óculos de leitura, ou com correção insuficiente/inadequada por lentes. Dezoito voluntários optaram por não participar, ou não completaram o protocolo de avaliação. Setenta e cinco participantes leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, preencheram todos os critérios e foram avaliados no presente estudo. O nível de escolaridade deles variou de dois a 30 anos de estudo formal.

Tabela 1. Caracterização da idade e escolaridade dos participantes (anos):

	Média	Desvio-padrão	Mínimo –Máximo
Idade	56,7	16,9	30,0 -89,0
Escolaridade	13,0	5,5	2,0 -30,0

3.3. Procedimentos

3.3.1 Avaliação dos critérios de inclusão e exclusão dos participantes

Os voluntários responderam a um breve questionário. Foram registrados idade, escolaridade, lateralidade e presença de outras doenças associadas.

Em seguida, foi aplicado o Mini Exame do Estado Mental. O MEEM tem sido utilizado em ambientes clínicos para a triagem de declínio cognitivo, para o seguimento de quadros demências. O teste é composto por questões agrupadas em sete categorias. Cada categoria visa avaliar funções cognitivas específicas, como a orientação temporal, orientação espacial, repetição de três palavras, atenção e cálculo, recordação das três palavras, linguagem e capacidade construtiva visual. O escore do MEEM pode variar de zero a trinta, sendo trinta a melhor pontuação possível para capacidade cognitiva. As notas de corte 23 e 24 indicam risco de alteração cognitiva ^{16, 17}.

3.3.2 Avaliação da função executiva com o *Trail Making Test (TMT)*

O teste foi explicado ao voluntário e foi oferecido treino prévio à avaliação. O treino foi realizado com uma versão simplificada de cada parte. No treino da parte A, estavam dispostos no papel oito círculos, numerados de 1-8, que deveriam ser ligados o mais rapidamente possível, sem que o sujeito retirasse a caneta do papel. Na avaliação da parte A, o sujeito seguiu a mesma instrução, porém eram 25 círculos numerados e o tempo foi cronometrado¹⁸.

No treino da parte B, também foram apresentados oito círculos, quatro deles numerados de 1-4 (Figura 1) e quatro deles com letras de A-D (Figura 2). Os círculos deveriam ser conectados de maneira intercalada, em ordem crescente (1-A-2-B-3-C-4-D). A mesma instrução foi dada para a avaliação da parte B, porém, a sequência seguiu até 12-L. O teste foi interrompido quando não concluído em até 300 segundos, sendo essa a pontuação máxima possível para cada parte do teste¹⁸.

Figura 1: exemplo do teste parte A

Parte A – Exemplo realizado pelo examinador

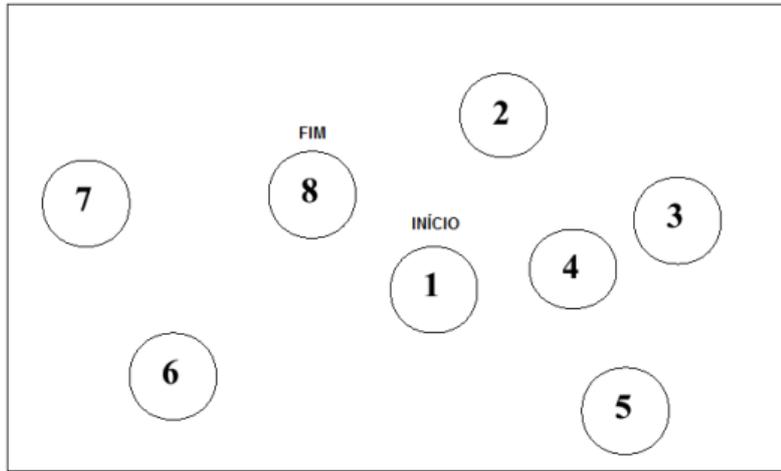
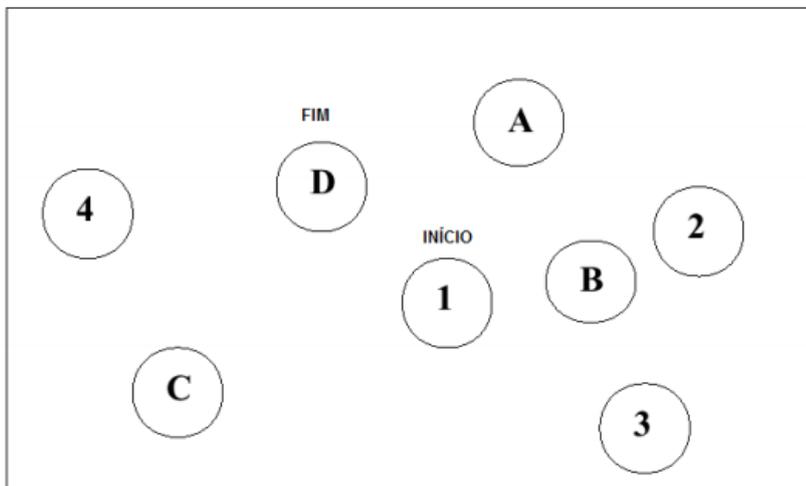


Figura 2: exemplo do teste parte B

Parte B - Exemplo realizado pelo examinador



A pontuação do teste foi dada pelo tempo de realização, sendo que a parte A avaliou principalmente o componente motor da tarefa, e a parte B avaliou os componentes cognitivos e motores, simultaneamente. Foi extraída outra medida, o TMT delta, obtido pela subtração do TMT A do TMT B. O TMT delta é uma medida do componente cognitivo isolado, uma vez que elimina o tempo gasto com o componente motor de ambas as tarefas¹⁹.

3.3.3 Avaliação da diadococinesia dos membros superiores

Para realizar o teste de diadococinesia de membros superiores, os voluntários permaneceram sentados em uma cadeira sem apoio para os braços, com os antebraços apoiados sobre as coxas. Receberam orientação para que realizassem os movimentos o mais rápido possível. Primeiramente, foi realizado o teste do membro superior direito, seguido do membro superior esquerdo, e ambos em movimento de fase e de antifase. Com os dois antebraços sobre as coxas, foi solicitado que o participante realizasse supinação-pronação dos antebraços, de forma simultânea. Na avaliação do membro superior direito, o membro avaliado ficou sobre a coxa ipsilateral e realizou prono-supinação; o membro superior esquerdo foi posicionado atrás do tronco (Figura 1). Após a avaliação do membro superior direito, a mesma tarefa foi realizada com o membro superior esquerdo (Figura 2). Em seguida, no teste dos movimentos alternados, os dois antebraços ficaram sobre as coxas e foram realizadas a supinação-pronação dos antebraços, de forma alternada (Figura 3 e 4).

Figura 3: posição membro superior direito no início do teste

Figura 4: posição membro superior esquerdo no início do teste

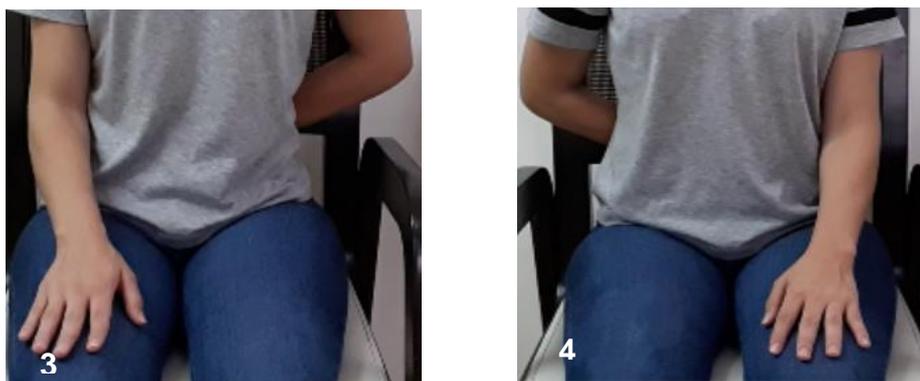


Figura 5: posição dos membros no início do teste em fase

Figura 6: posição dos membros no início do teste em antifase



Todos os testes foram demonstrados previamente pelo examinador e cada participante então realizou algumas repetições da tarefa (no máximo 05 repetições). Novas instruções foram dadas, caso necessário, para assegurar que a tarefa fosse realizada a uma velocidade máxima e para evitar que a coordenação dos movimentos fosse prejudicada pela velocidade.

A filmagem com um smartphone Android, com alta definição. Cada condição do teste foi gravada durante 12 segundos. Para a análise das imagens, foi utilizado um microcomputador Dell com processador Intel i7 e o software Kinovea®, versão experimental 0.8.26-win32, licenciada por GPLv2, cujo acesso é livre e gratuito. Foram excluídos os dois primeiros segundos de gravação e foi contado o número de repetições de cada ciclo completo de movimento (um movimento de supinação e um movimento de pronação), realizadas em 10 segundos. As imagens foram reproduzidas em velocidade reduzida (taxas de 25 a 40% da velocidade real). Assim, obteve-se a velocidade de execução do movimento em cada uma das quatro condições.

3.4 Análise estatística

Para investigar a influência da idade e da escolaridade na coordenação motora e função executiva, a amostra foi subdividida em adultos (30 a 64 anos) e idosos (65 a 89 anos) e em escolaridade baixa (2 a 10 anos) e alta (11 a 30 anos). Portanto, os quatro subgrupos foram: adulto com escolaridade alta, adulto com escolaridade baixa, idoso com escolaridade alta e idoso com escolaridade baixa. Foi utilizada análise de variância (ANOVA) para

comparar a função executiva e a coordenação motora dos quatro grupos. Foi adotado alfa menor que 0,05 como nível de significância.

Para investigar possíveis correlações entre coordenação motora e função executiva, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r), que mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional com valores situados entre -1,0 e 1,0. Reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados.

$r = 1,0$ Significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.

$r = -1,0$ Significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, ou seja, se uma aumenta, a outra sempre diminui.

$r = 0,0$ Significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

Foi usado também o índice de classificação de Pearson da maneira: **$r > 0,6$** (forte); **$0,4 < r < 0,6$** (moderada); **$r < 0,4$** (fraca). O teste de correlação de Pearson foi aplicado para investigar possíveis correlações entre o desempenho nos testes de diadococinesia (membros superiores) e os testes de função executiva, ambos com distribuição normal. Os dados foram controlados por idade e escolaridade para os testes de correlação.

4. Resultados

A ANOVA mostrou influência da idade e da escolaridade na função executiva ($F_{6,142}=15,047$; $p<0,001$, Figura 5). A análise post hoc de Tukey mostrou que os idosos com escolaridade baixa são significativamente mais lentos na parte B e no delta do TMT do que os idosos com escolaridade alta, que por sua vez são mais lentos que os adultos com escolaridade baixa. O grupo mais rápido foi o de adultos com escolaridade alta ($p<0,05$ para todas as comparações).

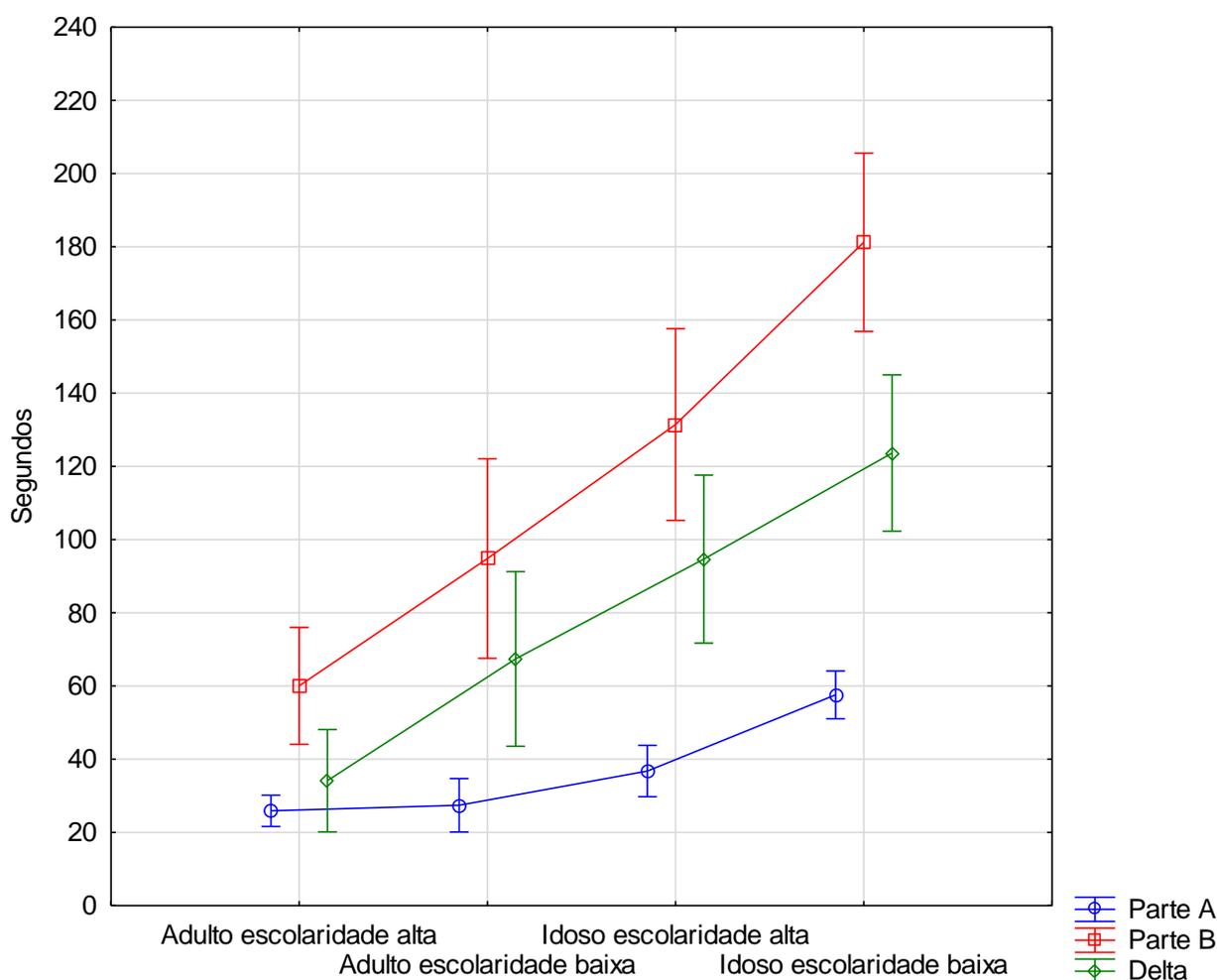


Figura 7: Desempenho dos quatro grupos nas partes A, B e no delta do Trail Making Test.

A ANOVA mostrou influência da idade e da escolaridade no número de repetições no teste de coordenação motora ($F_{9,213}=1,298$, $p=0,024$, Figura 6). O teste post hoc mostrou que o número de repetições foi mais baixo em antifase para todos os grupos, sobretudo para os idosos com escolaridade baixa ($P<0,05$ para todas as comparações).

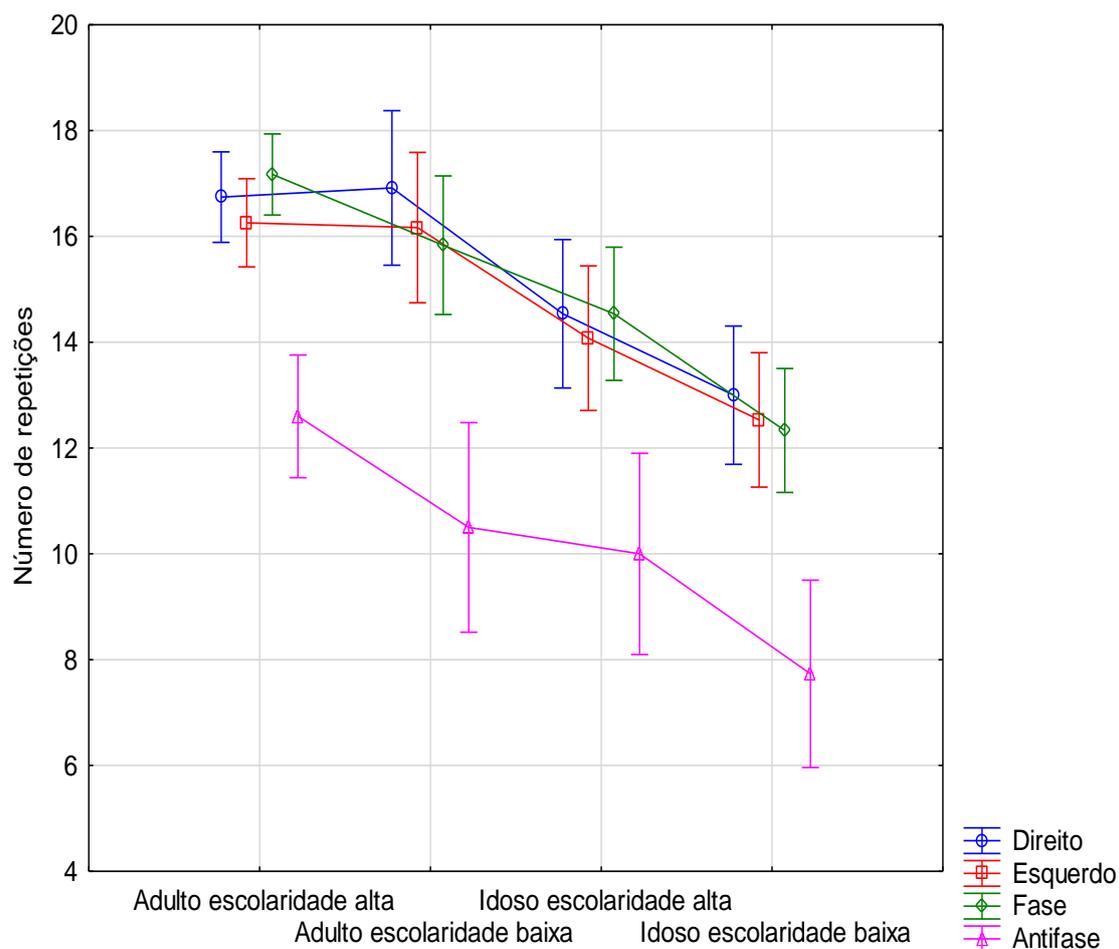


Figura 8: Desempenho dos quatro grupos nas partes A, B e no delta do teste de diadococinesia num período de 10 seg.

Foi utilizado teste de Pearson para investigar correlações entre coordenação motora e função executiva. Todos os coeficientes de correlação estão apresentados na Tabela 2, a seguir.

A parte B do TMT se correlacionou com a parte A do TMT ($r=0,052$) e com o delta TMT ($r=0,955$). O número de repetições da diadococinesia com o membro direito se correlacionou com o membro esquerdo ($r=0,823$), fase ($r=0,767$) e antifase ($r=0,411$). O número de repetições com o membro esquerdo se correlacionou com fase ($r=0,803$) e antifase ($r=0,450$). Porém, não houve correlação moderada ou forte entre a função executiva (TMT) e a coordenação motora (diadococinesia).

Tabela 2: Correlações entre as tarefas de função executiva e as tarefas de diadococinesia dos membros superiores.

		TMTA	TMTB	TMTdelta	Direito	Esquerdo	Fase	Antifase
TMTA	R		<i>0,532</i>	<i>0,257</i>	-0,152	-0,141	-0,160	-0,317
	P		<i>0,001</i>	0,028	0,200	0,234	0,177	0,006
TMTB	R	<i>0,523</i>		0,955	-0,242	-0,166	-0,210	-0,327
	P	<i>0,001</i>		0,001	0,039	0,160	0,075	0,005
TMTdelta	R	<i>0,257</i>	0,955		-0,223	-0,140	-0,184	-0,262
	P	0,028	0,001		0,058	0,237	0,120	0,025
Direito	R	-0,152	-0,242	-0,223		0,823	0,767	<i>0,411</i>
	P	0,200	0,039	0,058		0,001	0,001	<i>0,000</i>
Esquerdo	R	-0,141	-0,166	-0,140	0,823		0,803	<i>0,450</i>
	P	0,234	0,160	0,237	0,001		0,000	<i>0,001</i>
Fase	R	-0,160	-0,210	-0,184	0,767	0,803		0,389
	P	0,177	0,075	0,120	0,001	0,001		0,001
Antifase	R	-0,317	-0,327	-0,262	<i>0,411</i>	<i>0,450</i>	0,389	
	P	0,006	0,005	0,025	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	0,001	

Legenda: para todos os coeficientes destacados em vermelho: $p < 0,05$. Dados em negrito apresentam forte correlação; em itálico, apresentam correlação moderada.

5. Discussão

O presente estudo investigou a influência da idade e da escolaridade em testes de coordenação motora e função executiva e as correlações entre essas duas variáveis. A avaliação cognitivo-motora reflete as atividades cotidianas na prática clínica. Porém, alterações de coordenação motora típicas do envelhecimento, ou da baixa escolaridade, podem ser confundidas com déficits neurológicos, já que não há padronização do teste de diadococinesia.

A função executiva é um norteador para todas as tarefas diárias, e um de seus componentes é a cognição. Muitas vezes o indivíduo realiza movimentos de automatização. Quando há aumento da complexidade de uma tarefa motora, por exemplo, com a inclusão de uma atividade cognitiva, o desempenho pode ser prejudicado¹⁵. Hipotetizamos que na avaliação da coordenação motora, a complexidade crescente comprometeria o desempenho, assim como na avaliação da função executiva, e que o desempenho em tarefas de coordenação motora e função executiva estariam correlacionados.

O número de estudos realizados previamente sobre a diadococinesia é escasso, mesmo considerando a inclusão de indivíduos saudáveis. Em um estudo do nosso grupo, Albuquerque et al.²⁰ mostraram que a diadococinesia oral estava diretamente ligada com a diadococinesia dos membros superiores, pois ambas envolvem a modulação de sinergias por estruturas em comum, no sistema nervoso central, responsáveis pela coordenação motora.

No entanto, no presente estudo, a diadococinesia e a função executiva mostraram resultados dissociados. Isso pode estar relacionado ao fato de que a diadococinesia exija mais estratégias de controle de amplitude, direção, força ou velocidade do movimento a ser realizado, e não exija tão especificamente nenhum planejamento cognitivo e sim um planejamento motor, corroborando com Daneault et. al.¹¹, que afirmaram que a tarefa diadococinética era considerada uma tarefa simples o suficiente para não sofrer praticamente nenhuma influência por déficits cognitivos.

É possível dizer que os movimentos avaliados em nosso estudo não exigem grandes grupos musculares ou extensa sinergia entre as estruturas corporais, não sofrendo, então, grande influência pelo déficit de funções executivas. Já Rosado-Artalejo et. al.²¹, encontrou numa população de idosos na Espanha, que alguns sinais de disfunção executiva (incluindo o

desempenho no TMT B) estão associados ao sedentarismo e incapacidade, potencializando a sarcopenia em idosos e prejudicando diretamente a função motora desses indivíduos.

Os dados desse estudo mostraram que os voluntários com idade mais avançada e escolaridade mais baixa realizaram menos repetições do movimento. É possível que esse acontecimento se dê por alguma limitação física, mas podemos entender que os indivíduos que possuem uma melhor função executiva, mesmo com alguma limitação motora, criem estratégias para realização do movimento: realizar com mais força, utilizar mais a articulação proximal ou outras.

Estudos prévios corroboram com nossos achados de que a escolaridade influencia na função executiva. Voos et. al.¹⁹ avaliaram a função executiva em adultos e idosos. Os indivíduos com menor escolaridade levaram mais tempo para aprendizagem e realização dos testes que envolviam desenvolvimento cognitivo-motor; assim como Custódio et. al.¹⁴ que investigaram que os idosos de baixa escolaridade e apresentaram maior alteração no equilíbrio por conta da influência da função executiva prejudicada pelo nível escolar.

Assim como Voos et al.^{22, 23}, foi encontrado nesse estudo que ao realizar a parte B do TMT, os indivíduos com maior idade e com menor escolaridade levaram mais tempo. Aparentemente, os indivíduos apresentaram bom desempenho na parte motora (parte A do TMT). Nem sempre é esperado que o movimento se altere por influência cognitiva, mas, no caso do TMT, a função executiva se mostrou significativamente prejudicada quando foi acrescentado um componente cognitivo à tarefa motora, semelhante aos achados de Dalton et. al.⁶ que obtiveram resultados alterados na marcha de idosos saudáveis quando foi adicionada uma tarefa cognitiva ao ato. Isso se deve ao fato da função executiva atuar no planejamento e integração das tarefas a serem executadas^{2, 4}.

6. Conclusão

A idade e a escolaridade influenciaram na função executiva. Os idosos com escolaridade baixa foram significativamente mais lentos na parte B (parte cognitivo-motora) e no delta (parte cognitiva) do TMT. A idade e a escolaridade também interferiram no número de repetições no teste de coordenação motora. O número de repetições foi mais baixo em antifase para todos os grupos, sobretudo para os idosos com escolaridade baixa. A parte B do TMT (cognitivo-motora) se correlacionou com a parte A do TMT (motora) e com o delta TMT (cognitiva). As repetições da diadococinesia com o membro direito, esquerdo, fase e antifase se correlacionaram. Porém, não houve correlação moderada ou forte entre a função executiva (TMT) e a coordenação motora (diadococinesia).

7. Referências

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIS 2016: 67,7% dos idosos ocupados começaram a trabalhar com até 14 anos [acesso em 10 de novembro de 2020]. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=3326&t=sis-2016-67-7-idosos-ocupados-comecaram-trabalhar-14-anos&view=noticia#:~:text=Entre%20os%20idosos%20ocupados%2C%2067,n%C3%ADvel%20de%20instru%C3%A7%C3%A3o%20mais%20elevado>
2. COOK, Anne Shumway. Controle Motor: Teoria e aplicações práticas. 3 ed. Barueri-SP: Manole, 2010
3. Hirota C, Watanabe M, Tanimoto Y, et al. [A cross-sectional study on the relationship between the Trail Making Test and mobility-related functions in community-dwelling elderly]. *Nihon Ronen Igakkaizasshi. Japanese Journal of Geriatrics.* 2008 Nov;45(6):647-654.
4. Ble A, Volpato S, Zuliani G, Guralnik JM, Bandinelli S, Lauretani F, et al. Executive function correlates with walking speed in older persons: The InCHIANTI study. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(3):410–5.
5. Van Iersel MB, Kessels RPC, Bloem BR, Verbeek ALM, Olde Rikkert MGM. Executive functions are associated with gait and balance in community-living elderly people. *JournalsGerontol - Ser A BiolSciMedSci.* 2008;63(12):1344–9.
6. Dalton C, Sciadras R, Nantel J. Executive function is necessary for the regulation of the stepping activity when stepping in place in older adults. *AgingClinExp Res.* 2016;28(5):909–15.
7. Voos MC, Piemonte MEP, Castelli LZ, Machado MSA, Teixeira PPDS, Caromano FA, et al. Association between educational status and dualtask performance in young adults. *Percept Mot Skills.* 2015;120(2):416–37.
8. Pierce JE, Cotton S, Perry A. Alternating and sequential motion rates in older adults. *Int J Lang CommunDisord.* 2013 May;48(3):257–64.
9. Wang YT, Kent RD, Duffy JR, Thomas JE. Analysis of diadochokinesis in ataxic dysarthria using the motor speech profile programTM. *Folia PhoniatrLogop.* 2009;61(1):1–11.
10. Nitrini, R. & Bacheschi, L. A. A neurologia que todo médico deve saber. 2 ed. [São Paulo]: Atheneu; 2003.

11. Daneault JF, Carignan B, Sadikot AF, Duval C. Inter-limb coupling during diadochokinesis in Parkinson's and Huntington's disease. *Neurosci Res.* 2015;97:60–8.
12. Gagliardi RJ & Takayanagui OM. *Tratado de neurologia da Academia Brasileira de Neurologia.* 2 ed. [Rio de Janeiro]: Elsevier; 2019.
13. Haaxma CA, Bloem BR, Overeem S, Borm GF, Horstink MWIM. Timed motor tests can detect subtle motor dysfunction in early Parkinson's disease. *MovDisord.* 2010;25(9):1150–6.
14. Custódio EB, Malaquias Júnior J, Voos MC. Relação entre cognição (função executiva e percepção espacial) e equilíbrio de idosos de baixa escolaridade. *Fisioter e Pesqui.* 2010;17(1):46–51.
15. Corti EJ, Johnson AR, Riddle H, Gasson N, Kane R, Loftus AM. The relationship between executive function and fine motor control in young and older adults. *Hum Mov Sci* [Internet]. 2017;51:41–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2016.11.001>
16. Brucki, Sonia M.D., Nitrini, Ricardo, Caramelli, Paulo, Bertolucci, Paulo H.F., & Okamoto, Ivan H.. (2003). Sugestões para o uso do mini-exame do estado mental no Brasil. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 61(3B), 777-781. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2003000500014>.
17. Lourenço RA, Veras RP. Mini exame do estado mental: características psicométricas em idosos ambulatoriais. *Rev Saúde Pública.* 2006; 40(4): 712-719.
18. Bowie CR, Harvey PD. Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nat Protoc.* 2006;1(5):2277–81.
19. Voos, M. C. A influência da idade e da escolaridade na execução e no aprendizado de uma tarefa cognitivo-motora. 99 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
20. Albuquerque JT da C, Macedo TP, Favero FM, Barbosa AF, Caromano FA, Voos MC. Avaliação interdisciplinar da diadococinesia: um estudo piloto. *Fisioter e Pesqui.* 2017;24(4):420–6.
21. Rosado-Artalejo C, Carnicero JA, Losa-Reyna J, Castillo C, Cobos-Antoranz B, Alfaro-Acha A, et al. Global performance of executive function is predictor of risk of frailty and disability in older adults. *J Nutr Heal Aging.* 2017;21(9):980–7.

22. Voos MC, Custódio EB, Malaquias J. Relationship of executive function and educational status with functional balance in older adults. *J GeriatrPhysTher.* 2011;34(1):11–8.
23. Voos MC, Piemonte MEP, Mansur LL, Caromano FA, Brucki SMD, Valle LER do. Educational status influences cognitive-motor learning in older adults: going to university provides greater protection against aging than going to high school. *ArqNeuropsiquiatr.* 2017;75(12):843–9.