

ARTIGO ORIGINAL

Aprendizagem Motora Implícita de Habilidades Motoras Sequenciais em Indivíduos com Doença de Parkinson

Implicit motor learning of sequential motor skills in individuals with Parkinson's disease

Lilian Vitória Dantas¹, Alany Joyce da Silva Fonseca¹, Marcella Cabral de Oliveira², Roberta de Oliveira³, Enio Walker Azevedo Cacho²

¹Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (FACISA/UFRN), Santa Cruz, RN, Brasil

²Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (FACISA/UFRN), Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Santa Cruz, RN, Brasil

³Departamento de Fisioterapia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (FACISA/UFRN), Santa Cruz, RN, Brasil

Recebido em: 10 de Julho de 2026; Aceito em: 31 de Agosto de 2026.

Correspondência: Enio Walker Azevedo Cacho, enio.cacho@ufrn.br

Como citar

Dantas LV, Fonseca AJS, Oliveira MC, Oliveira R, Cacho EWA. Aprendizagem Motora Implícita de Habilidades Motoras Sequenciais em Indivíduos com Doença de Parkinson. Fisioter Bras. 2026;27(9):5548-5560. doi: [10.62827/fb.v27i9.1300](https://doi.org/10.62827/fb.v27i9.1300).

Resumo

Introdução: A aprendizagem motora implícita envolve a aquisição de habilidades sem controle consciente da tarefa e está relacionada à atuação dos circuitos corticoestriatais e dos núcleos da base. Na Doença de Parkinson (DP), alterações dopaminérgicas podem influenciar os processos de aquisição e automatização de sequências motoras. **Objetivo:** Investigar se a aprendizagem motora implícita de habilidades motoras sequenciais em indivíduos com Doença de Parkinson difere das de indivíduos sem distúrbios neurológicos, analisando sua relação com a dominância manual. **Métodos:** Estudo observacional transversal composto por 18 voluntários distribuídos em Grupo Doença de Parkinson (GDP, n=9) e Grupo Controle (GC, n=9). Foram realizadas avaliações sociodemográficas, cognitivas (MEEM), de dominância manual (Edinburgh Handedness Inventory) e clínicas (MDS-UPDRS III e Hoehn e Yahr). A aprendizagem implícita foi avaliada pelo dispositivo Player Feedback,

baseado no paradigma Serial Reaction Time Task, com 25 tentativas de movimentos sequenciais de alcance e toque por membro superior. *Resultados:* Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as condições avaliadas (GPD, GPND, GCD e GCND) nas variáveis Número de Acertos, Percentual de Acertos, Tempo Médio de Reação, Pontuação e Sequências Acertadas. Descritivamente, indivíduos com DP apresentaram maior tempo de reação e menor desempenho em algumas variáveis de acurácia. *Conclusão:* Os achados sugerem que, na amostra estudada, indivíduos com DP mantiveram a capacidade de adquirir habilidades motoras sequenciais de forma comparável aos controles, embora as magnitudes de efeito médias indiquem uma tendência de prejuízo na acurácia e velocidade que merece atenção clínica.

Palavras-chave: Reabilitação Neurológica; Aprendizagem; Doença de Parkinson.

Abstract

Introduction: Implicit motor learning involves the acquisition of skills without the need for conscious control of the task and is associated with cortico-striatal circuits and basal ganglia function. In Parkinson's disease (PD), dopaminergic alterations may influence the acquisition and automatization of motor sequences. *Objective:* To investigate whether implicit motor learning of sequential motor skills in individuals with PD differs from that of individuals without neurological disorders, analyzing its relationship with manual dominance. *Methods:* This cross-sectional observational study included 18 participants divided into a Parkinson's Disease Group (PDG, n=9) and a Control Group (CG, n=9). Sociodemographic, cognitive (Mini-Mental State Examination), manual dominance (Edinburgh Handedness Inventory), and clinical assessments (MDS-UPDRS III and Hoehn and Yahr scale) were performed. Implicit motor learning was assessed using the Player Feedback device, based on the Serial Reaction Time Task paradigm, through 25 trials involving sequential reaching and touching movements performed with each upper limb. *Results:* No statistically significant differences were observed between the assessed conditions (PDG-D, PDG-ND, CG-D, and CG-ND) for Number of Hits, Percentage of Hits, Mean Reaction Time, Score, and Correct Sequences. Descriptive findings indicated that individuals with PD tended to present longer reaction times and lower performance in some accuracy-related variables. *Conclusion:* The results suggest that, in the studied sample, individuals with PD maintained the capacity to acquire motor comparably to controls, although the medium effect sizes indicate a tendency toward impairment in accuracy and speed that warrants clinical attention.

Keywords: Neurological Rehabilitation; Learning; Parkinson Disease.

Introdução

A aprendizagem motora implícita é definida como um processo cognitivo-motor de aquisição de habilidades sem a necessidade de intenção consciente ou do desenvolvimento de

conhecimento declarativo explícito sobre a estrutura da tarefa [1]. Embora o aprendizado ocorra sem que o indivíduo consiga descrever verbalmente as regularidades da sequência, ele

demanda o recrutamento de recursos cognitivos essenciais, como atenção, planejamento e memória de trabalho [1]. Este processo envolve redes neurais compostas por áreas corticais motoras e circuitos cortico-gânglios da base, sendo caracterizado pela redução progressiva de erros e melhorias na velocidade e precisão do movimento [2]. Neste contexto, os gânglios da base desempenham um papel importante na aquisição de sequências motoras implícitas, particularmente na organização temporal e na automatização do movimento [3]. Evidências sugerem que os estágios iniciais da aprendizagem motora são influenciados pela modulação dopaminérgica dentro das vias cortico-estriatais, o que contribui para os mecanismos de plasticidade neural [4,5].

O envolvimento dos circuitos dos gânglios da base torna-se particularmente relevante ao considerar os processos de aprendizagem e reaprendizagem motora em indivíduos com Doença de Parkinson (DP). Devido à degeneração progressiva dos neurônios dopaminérgicos, indivíduos com DP apresentam alterações nos circuitos neurais relacionados ao controle motor, as quais estão associadas a manifestações clínicas como bradicinesia, rigidez, tremor e instabilidade postural. Além disso, podem ocorrer prejuízos na aquisição e consolidação de novas habilidades motoras, e alguns indivíduos com DP podem necessitar de maior tempo de prática e de um maior número de repetições para aprender sequências motoras em comparação com indivíduos sem a doença [6,7].

Portanto, investigar estratégias capazes de avaliar a aprendizagem motora implícita nesta população é clinicamente relevante, especialmente por meio de paradigmas baseados em tarefas

de tempo de reação serial. A Tarefa de Tempo de Reação Serial (SRTT), proposta por Nissen e Bullemer [8], tem sido amplamente utilizada para investigar a aquisição implícita de sequências motoras. No entanto, a maioria dos protocolos tradicionais envolve movimentos restritos dos dedos realizados em ambientes computadorizados, o que pode limitar a compreensão dos processos de aprendizagem durante tarefas com maiores demandas motoras funcionais.

Neste contexto, Taveira [9] desenvolveu o dispositivo Player Feedback (PF) baseado nos princípios da SRTT, permitindo a avaliação da aprendizagem motora implícita por meio de movimentos sequenciais dos membros superiores. Esta abordagem incorpora movimentos mais amplos de alcance e toque, introduzindo demandas biomecânicas adicionais que podem influenciar o desempenho motor e a dinâmica de aprendizagem [10].

Sob a perspectiva da neuroreabilitação, aprender ou reaprender habilidades motoras é essencial para a recuperação funcional em indivíduos com DP. Muitas atividades da vida diária dependem da organização e automatização de movimentos sequenciais, tais como alcançar, tocar, manipular objetos e ajustar a postura durante tarefas funcionais. Portanto, a compreensão dos mecanismos de aprendizagem motora implícita pode contribuir para a identificação de déficits específicos e para a otimização de estratégias de prática utilizadas em programas de reabilitação [11].

Assim, o objetivo deste estudo foi investigar se a aprendizagem motora implícita de habilidades motoras sequenciais em indivíduos com Doença de Parkinson difere das de indivíduos sem distúrbios neurológicos, analisando sua relação com a dominância manual.

Métodos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da instituição por meio da Plataforma Brasil (CAAE:76121423.4.0000.5568), em conformidade com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e com a Declaração de Helsinque. Antes da participação, todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Também foi obtida autorização para uso de imagem, permitindo o registro em vídeo das avaliações para posterior análise do desempenho durante as tarefas.

Trata-se de um estudo transversal, de abordagem quantitativa, conduzido conforme as recomendações do *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) para estudos observacionais [12].

A amostra de conveniência foi constituída por 18 voluntários recrutados por contato telefônico ou correio eletrônico e dada a natureza exploratória do estudo e a utilização de um dispositivo customizado, não foi realizado cálculo amostral. Inicialmente, os participantes foram divididos em dois grupos pareados por sexo e idade: Grupo Doença de Parkinson (GDP, n=9) e Grupo Controle (GC, n=9).

O GDP incluiu indivíduos de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, com diagnóstico clínico de Doença de Parkinson, que estavam cadastrados ou em acompanhamento na Clínica Integrada de Saúde da instituição. O GC foi composto por adultos e idosos de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, sem histórico de distúrbios neurológicos.

Posteriormente, de acordo com a avaliação da dominância manual, os participantes foram subdivididos em quatro condições: Grupo Doença de

Parkinson Mão Dominante (GDP-D), Grupo Doença de Parkinson Mão Não Dominante (GDP-ND), Grupo Controle Mão Dominante (GC-D) e Grupo Controle Mão Não Dominante (GC-ND).

A coleta de dados foi realizada individualmente em um ambiente silencioso e controlado por um único avaliador previamente treinado. Inicialmente, foi aplicada uma ficha de avaliação sociodemográfica e clínica por meio de entrevista semiestruturada para a caracterização da amostra. A avaliação incluiu dados de identificação, aspectos sociais e demográficos, histórico clínico e características relacionadas à doença. Subsequentemente, ambos os grupos foram submetidos ao rastreio cognitivo e à avaliação da dominância manual.

O rastreio cognitivo foi realizado por meio do Mini Exame do Estado Mental (MEEM), um instrumento utilizado para avaliar a função cognitiva global, com escores variando de 0 a 30 pontos [13]. A dominância manual foi avaliada utilizando a versão brasileira do Edinburgh Handedness Inventory (EHI), traduzido e adaptado para o português, que identifica a preferência manual durante atividades funcionais [14].

Nos indivíduos com diagnóstico de Doença de Parkinson, a função motora foi avaliada utilizando a Parte III (Exame Motor) da Movement Disorder Society Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS III), na qual escores mais altos indicam maior comprometimento motor [15]. A gravidade da doença foi classificada por meio da escala de Hoehn e Yahr modificada, de acordo com o estágio clínico de progressão da DP [16].

A aprendizagem motora implícita de habilidades motoras sequenciais foi avaliada por meio do dispositivo Player Feedback (PF)[9], desenvolvido

com base no paradigma da Tarefa de Tempo de Reação Serial (SRTT)[8]. O equipamento consiste em uma única placa de Fibra de Média Densidade (MDF), com 3,0 mm de espessura, medindo 80 cm de comprimento e 60 cm de altura, posicionada verticalmente sobre uma mesa de tarefa. A superfície frontal contém cinco alvos principais distribuídos simetricamente (um alvo central e quatro alvos periféricos localizados nos cantos da placa), correspondentes a atividades de alcance e toque. Cada alvo é constituído por um sensor capacitivo sensível ao toque, circundado por oito Diodos Emissores de Luz (LEDs) coloridos, responsáveis por gerar sequências de estímulos fixas e ajustáveis, ativadas pelo toque ou pela aproximação da mão/dedo.

Durante o teste, os participantes permaneceram sentados em uma cadeira convencional com apoio para as costas, mantendo a flexão do quadril entre 90° e 100°. A placa foi posicionada em frente ao esterno do participante, a uma distância individualizada equivalente ao comprimento do membro superior (medido da borda medial da axila até a prega distal do pulso). A postura inicial padronizada consistiu no membro superior avaliado posicionado ao lado do tronco, com o cotovelo flexionado a 90° e o antebraço em posição neutra sobre a mesa. O membro contralateral permaneceu posicionado ao lado do abdômen. Nenhuma restrição física foi imposta à inclinação anterior do tronco durante a execução do movimento, e todos os participantes foram capazes de alcançar e tocar todos os alvos.

Após a explicação da tarefa, o comando verbal padronizado utilizado para iniciar a coleta de dados foi: “Pronto, toque assim que a luz acender”. Os participantes foram instruídos a realizar o movimento de forma natural, sem preocupação com a velocidade ou com o tempo de execução. O protocolo

foi realizado primeiramente com o membro superior não dominante e, subsequentemente, com o membro superior dominante, sem prática prévia.

A tarefa consistiu em uma prática constante baseada em quatro sequências de estímulos possíveis (sequência 1: 12354; sequência 2: 43125; sequência 3: 54213; sequência 4: 15234), com uma sequência específica adotada para cada teste. O protocolo foi composto por 25 tentativas (repetições da sequência selecionada), com um intervalo de iluminação de 1.000 ms e uma janela de tempo de erro de 1.000 ms.

As variáveis dependentes registradas pelo dispositivo foram: Acurácia, avaliada pelo Número de Acertos (NA), que representa o número total de toques realizados dentro da janela de tempo estabelecida; e pela Porcentagem de Acertos (PA), que correspondendo ao percentual de respostas corretas durante o teste; a velocidade, avaliada pelo Tempo Médio de Reação (TMR), representando o tempo médio de resposta em milissegundos (ms) após cada estímulo de LED; e Pontuação (P), definida pela relação matemática entre maior velocidade e menor número de erros; e Sequências Corretas (SC), identificando a partir de qual das 25 tentativas o participante começou a executar a sequência de forma correta e consecutiva.

Os dados sociodemográficos, clínicos e de aprendizagem motora implícita foram tabulados e analisados utilizando o software JASP (versão 0.17.1.0). Inicialmente, foram realizadas análises descritivas. As variáveis com distribuição normal foram apresentadas como média e desvio padrão, enquanto as variáveis sem distribuição normal foram expressas como mediana e intervalo interquartil. As variáveis categóricas foram apresentadas em frequências absolutas e relativas. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk devido ao tamanho da amostra.

O nível de significância foi estabelecido em 5% ($p \leq 0,05$) para todas as análises.

Para avaliar o desfecho primário do estudo, foram investigadas possíveis diferenças na aprendizagem motora implícita de habilidades motoras sequenciais entre indivíduos com Doença de Parkinson e indivíduos sem distúrbios neurológicos, considerando a influência da dominância manual. As variáveis NA, PA, TMR, P e SC foram submetidas à análise inferencial por meio do teste de Kruskal-Wallis para a comparação entre as quatro condições avaliadas (GDP-D, GDP-ND, GC-D e GC-ND). Empregou-se o teste *post hoc* de Dunn em caráter puramente exploratório para extração

da correlação *rank-biserial* (*rrb*), utilizada como medida de tamanho de efeito das comparações pareadas, visando identificar potenciais tendências descritivas clínicas independentemente do valor de *p*. A magnitude das diferenças entre os grupos foi quantificada pelo cálculo do tamanho de efeito Epsilon-quadrado (Rank ϵ^2), acompanhado de seu respectivo intervalo de confiança de 95% (IC 95%) conforme recomendado pelas diretrizes STROBE para o relato de precisão em estudos observacionais. As magnitudes de ϵ^2 interpretadas como pequena ($0,01 \leq \epsilon^2 < 0,08$), média ($0,08 \leq \epsilon^2 < 0,26$) ou grande ($\epsilon^2 \geq 0,26$).

Resultados

Em relação às características sociodemográficas e clínicas (Tabela 1), o Grupo Doença de Parkinson (GDP) e o Grupo Controle (GC) foram compostos por nove participantes cada, apresentando média de idade semelhante ($66 \pm 11,51$ anos no GDP e $66 \pm 12,96$ anos no GC) e a mesma distribuição quanto ao sexo, com 44,4% de participantes do sexo masculino em ambos os grupos (Tabela 01).

Uma diferença descritiva foi observada na distribuição do nível de escolaridade, com maior frequência de ensino fundamental incompleto no GC (55,5%) e de ensino superior completo no GDP (33,3%). Ambos os grupos apresentaram

desempenho cognitivo semelhante avaliado pelo Miniexame do Estado Mental (MEEM), e todos os participantes apresentaram dominância manual direita de acordo com o Edinburgh Handedness Inventory (EHI).

Em relação à caracterização clínica específica da Doença de Parkinson (Tabela 1), os participantes do GDP apresentaram escore médio de 17,78 ($\pm 11,80$) no exame motor avaliado pela MDS-UPDRS Parte III. A gravidade da doença, avaliada por meio da escala de Hoehn e Yahr modificada, apresentou escore médio de 2 ($\pm 1,00$), indicando estágios leves a moderados da Doença de Parkinson.

Tabela 1 – Características clínicas e sociodemográficas dos grupos estudados.

Participantes	Grupo controle	Grupo de Parkinson
Escolaridade (n/%) (ensino)		
Analfabeto	1 (11,1%)	2 (22,2%)
Fundamental Incompleto	5 (55,5%)	2 (22,2%)
Fundamental Completo	0 (0,0%)	1 (11,1%)
Médio Incompleto	3 (33,3%)	0 (0,0%)
Médio Completo	0 (0,0%)	1 (11,1%)
Superior Completo	0 (0,0%)	3 (33,3%)
MEEM (média/dp)	23 ($\pm$ 2.167)	26 ($\pm$ 5.870)
EHI (média/dp)	87 ($\pm$ 11.601)	78 ($\pm$ 11.667)
Dominância D (nº)	9	9
UPDRS	-	
Domínio III		17.78 ($\pm$ 11.80)
Escala de Hoehn e Yahr (média/dp)		2 ($\pm$ 0.982)
1 (n)	-	3
2 (n)	-	4
3 (n)	-	1
4 (n)	-	1

Legenda: dp, desvio padrão; MEEM, Mini Exame do Estado Mental; EHI, Edinburgh Handedness Inventory; MIF, Medida de Independência Funcional; UPDRS, Unified Parkinson's Disease Rating Scale.

As análises inferenciais não mostraram diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$) entre o GDP e o GC em relação às variáveis demográficas, clínicas, cognitivas ou de dominância manual.

Em relação às variáveis relacionadas à aprendizagem motora implícita de habilidades motoras sequenciais (Tabela 2), as análises inferenciais realizadas por meio do teste de Kruskal-Wallis não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre as quatro condições avaliadas (GDP-D, GDP-ND, GC-D e GC-ND) para a acurácia (NA e PA),

velocidade (TMR), Pontuação (P) e Sequências Corretas (SC) ($p>0,05$). Contudo, em uma perspectiva estritamente exploratória e descritiva, a análise da magnitude das diferenças revelou tamanhos de efeito (Rank ϵ^2) classificados como médios para o Percentual de Acertos ($\epsilon^2=0,106$; IC 95% [0,032; 0,424]), Número de Acertos ($\epsilon^2=0,104$; IC 95% [0,025; 0,458]) e Tempo Médio de Reação ($\epsilon^2=0,089$; IC 95% [0,023; 0,422]). A variável Pontuação apresentou um efeito de pequena magnitude ($\epsilon^2=0,038$; IC 95% [0,011; 0,348]).

Tabela 2 – Estatísticas descritivas e comparações das variáveis de desempenho da aprendizagem implícita de habilidades motoras sequenciais por Grupo.

Participantes	Grupo Parkinson (n=9)		Grupo Controle			
Variável	GPD Md (25%, 75%)	GPND Md (25%, 75%)	GCD Md (25%, 75%)	GCND Md (25%, 75%)	χ^2 (df=3)	P
Número de acertos	86,00 (68, 00, 106, 00)	74,00 (57, 00, 78, 00)	92,00 (68, 00, 96, 00)	90,00 (58, 00, 101, 00)	3,65	,302
% de acertos	68,00 (54, 00, 77, 00)	54,00 (43, 00, 62, 00)	73,00 (54, 00, 76, 00)	72,00 (46, 00, 80, 00)	3,70	,296
Pontuação	219,02 (152, 47, 316, 49)	161,70 (115, 77, 250, 61)	206,67 (152, 47, 270, 07)	287,80 (139, 40, 302, 33)	1,34	,719
Tempo médio de reação (ms)	634,00 (571, 00, 683, 00)	603,00 (583, 00, 638, 00)	566,00 (553, 00, 610, 00)	590,00 (531, 00, 621, 00)	3,12	,374
Sequência Corretas	3,00 (2, 00, 9, 00)	6,00 (0, 00, 10, 00)	1,00 (0, 00, 5, 00)	4,00 (2, 00, 9, 00)	1,27	,737

Legenda: GPD, Grupo Parkinson Mão Dominante; GPND, Grupo Parkinson Mão Não Dominante; GCD, Grupo Controle Mão Dominante; GCND, Grupo Controle Mão Não Dominante; Md = Mediana; (25%, 75%) = Percentis 25 e 75; χ^2 = Estatística do Teste de Kruskal-Wallis.

Na análise descritiva, o membro superior não dominante dos indivíduos com Doença de Parkinson (GPD-ND) apresentou os menores valores medianos para o Número de Acertos e Pontuação (Tabela 2). Além disso, o Grupo Controle exibiu menores valores de Tempo Médio de Reação em ambas as condições de dominância manual (GC-D e GC-ND) quando comparado ao grupo Parkinson, em ambas variáveis, não se observou diferença significativa. Nas comparações pareadas

(*post hoc*), destacaram-se correlações post-biserial de postos (*rrb*) de magnitude moderada, indicando maior prejuízo no percentual de acertos da mão não dominante no grupo Parkinson em relação ao controle dominante (*rrb*=0,457) e um impacto expressivo da patologia na latência de resposta, evidenciado pelo TMR na comparação entre o grupo Parkinson dominante e o controle não dominante (*rrb*=-0,407 para GDP-D vs. GC-ND).

Discussão

O presente estudo investigou a aprendizagem motora implícita de habilidades motoras sequenciais em indivíduos com Doença de Parkinson (DP) e indivíduos sem distúrbios neurológicos, considerando também a influência da dominância manual. Os principais achados demonstraram

que, embora os indivíduos com DP tenham apresentado desempenho numericamente inferior em algumas variáveis relacionadas à acurácia e ao tempo de execução da tarefa, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. A detecção de tamanhos de efeitos

médios (ϵ^2 entre 0,089 e 0,106) nas variáveis de desempenho sugerem que, embora o mecanismo de estímulo-resposta para a aquisição da sequência esteja funcional, a eficiência motora pode estar comprometida. Esse achado corrobora com a literatura que sugerem que indivíduos com DP podem alcançar níveis de aprendizagem de sequências motoras implícitas comparáveis aos controles, mas frequentemente o fazem com menos precisão e maior latência, possivelmente devido à disfunção dos circuitos cortico-estriatais que regulam a automação do movimento [10]. No entanto, esses achados devem ser interpretados considerando as características específicas da tarefa utilizada e o tamanho da amostra do presente estudo.

A natureza da tarefa pode ter contribuído para os resultados observados. Diferente dos paradigmas tradicionais da Tarefa de Tempo de Reação Serial (SRTT), que são comumente realizados utilizando movimentos restritos dos dedos em ambientes computadorizados, o dispositivo Player Feedback envolve movimentos mais amplos de alcance e toque do membro superior. Essas demandas biomecânicas adicionais podem influenciar o desempenho motor e a aquisição de habilidades por exigirem maior organização do movimento e controle dos segmentos corporais envolvidos [10].

Em relação ao Tempo Médio de Reação (TMR), o desempenho geral foi semelhante entre os grupos, sem diferenças estatisticamente significativas. No entanto, indivíduos com DP apresentaram valores de TMR numericamente superiores em comparação com os controles, tanto no membro superior dominante quanto no não dominante [6]. Esse comportamento pode estar associado a alterações motoras comumente observadas na DP, incluindo bradicinesia e alterações nos processos de preparação e execução do movimento, as quais

podem aumentar o tempo necessário para responder a estímulos externos.

Achados semelhantes foram relatados por Freidle et al. [6] que observaram que indivíduos com DP leve a moderada, de acordo com a escala de Hoehn e Yahr, necessitaram de tempos de reação mais longos durante tarefas de aprendizagem sequencial quando comparados com indivíduos sem a doença. Embora os testes inferenciais não tenham atingido o limiar de significância estatística, a detecção exploratória de tamanhos de efeito médios nas principais variáveis de desempenho, associada à execução motora mais lenta, sugere que a capacidade de adquirir sequências motoras pode estar relativamente preservada, indicando que indivíduos com DP podem necessitar de maior tempo de prática e de um maior número de repetições para alcançar um desempenho semelhante.

Em relação à variável Sequências Corretas (SC), a análise descritiva mostrou que os indivíduos com DP necessitaram de mais tentativas antes de realizar as sequências motoras corretamente. Estudos anteriores sugerem que alterações envolvendo as vias da substância negra e os circuitos dos gânglios da base podem prejudicar processos relacionados à iniciação, organização e automatização de sequências motoras [17]. No entanto, no presente estudo, essas diferenças não atingiram significância estatística.

Quanto à dominância manual, não foram observadas diferenças significativas entre os membros superiores dominante e não dominante, sugerindo uma independência da lateralidade na aquisição de sequências motoras. No entanto, a interpretação clínica desses achados deve considerar dois aspectos fundamentais. Primeiro, o membro não dominante impõe uma carga de controle motor estriatal mais alta por ser um membro menos treinado [18]. Em uma condição de estresse dopaminérgico

estriatal, como na DP, essa demanda biomecânica e de coordenação adicional pode exacerbar os erros de acurácia (número e porcentagem de acertos). Isso explica a detecção de uma correlação rank-biserial moderada ($r_{rb} = 0,457$) especificamente na comparação entre a mão não dominante do GP e a mão dominante do GC.

Segundo, embora o membro dominante tenha apresentado desempenho numericamente superior, esse resultado pode refletir um efeito de familiarização, visto que o protocolo foi iniciado pelo membro não dominante. Contudo, a utilização de sequências distintas para cada membro mitigou potenciais efeitos de transferência, reforçando que a capacidade de aquisição implícita na DP ocorre, independentemente da preferência manual ou do lado mais afetado pelos sintomas [3]. Portanto, na prática clínica, esses aspectos sugerem que o aprendizado ocorre bilateralmente, mas a eficiência da execução é sensível ao nível da demanda motora imposta ao sistema cortico-estriatal [19].

Por depender menos de processos conscientes e de demandas de memória de trabalho, a aprendizagem implícita pode apresentar menor comprometimento em indivíduos com DP quando comparada a atividades que exigem maior controle cognitivo, tais como a aprendizagem explícita ou condições de dupla tarefa. Em situações mais complexas, a flexibilidade cognitiva reduzida e o aumento das demandas de memória de trabalho podem influenciar negativamente o desempenho motor [20].

Os achados do presente estudo sugerem que, embora a expressão motora possa ser afetada pelas manifestações clínicas da DP, os mecanismos de estímulo-resposta envolvidos na aprendizagem implícita ainda podem contribuir para a aquisição de novas sequências motoras, embora um maior tempo de prática e repetição possam ser necessários.

Sob a perspectiva da neuroreabilitação, esses achados reforçam a importância de intervenções baseadas na prática repetitiva, no treinamento progressivo e em estratégias que facilitem a aquisição de movimentos sequenciais funcionais [21].

Este estudo apresenta limitações importantes que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiramente, a utilização de uma amostra de conveniência recrutada em um único centro de reabilitação configura uma potencial fonte de viés de seleção, o que pode limitar a generalização dos achados para a população global de indivíduos com Doença de Parkinson (DP). Esse método de recrutamento pode ter selecionado um subgrupo com características clínicas e sociodemográficas específicas, não capturando toda a heterogeneidade da patologia. Somado a isso, o reduzido tamanho da amostra diminui o poder estatístico para detectar potenciais diferenças sutis entre os grupos ou interações de maior ordem entre as variáveis, conferindo ao estudo um caráter predominantemente exploratório. Estudos futuros com amostras maiores são necessários para investigar melhor a influência da Doença de Parkinson e da dominância manual na aprendizagem motora implícita de habilidades motoras sequenciais.

Outro aspecto metodológico a ser considerado é a quantidade de prática adotada no presente protocolo, que consistiu em 25 tentativas por membro superior. A dosagem e a intensidade da prática em paradigmas baseados na SRTT variam consideravelmente na literatura e podem influenciar diretamente a aquisição de sequências motoras implícitas [6]. Evidências anteriores sugerem que os prejuízos de aprendizagem observados em indivíduos com DP podem estar relacionados à exposição insuficiente à prática durante os testes, visto que essa população pode apresentar uma taxa de aprendizagem mais lenta em comparação

com indivíduos sem distúrbios neurológicos [6, 22]. Portanto, investigações futuras devem considerar versões expandidas da tarefa para explorar melhor a relação dose-resposta na DP, incluindo análises ao longo de todo o processo de aquisição da habilidade, em vez de apenas no resultado final do desempenho [23].

Adicionalmente, deve-se reconhecer o impacto da estratégia estatística utilizada sobre a independência das observações. Como as medidas referentes aos membros superiores dominantes e não dominantes foram obtidas nos mesmos voluntários, a estrutura dos dados envolve observações inerentemente dependentes (medidas repetidas) no fator dominância. Embora essa abordagem bilateral seja clinicamente valiosa

para traçar o perfil de coordenação e funcionalidade de cada participante, a aplicação do teste de Kruskal-Wallis para comparar as quatro condições de forma concomitante trata as observações como se fossem totalmente independentes [24]. Devido à escassez de testes não paramétricos robustos para modelos de delineamento misto em amostras pequenas, essa escolha metodológica foi assumida de forma exploratória, uma abordagem semelhante à adotada em investigações comportamentais recentes na Doença de Parkinson com restrições amostrais congêneres [6,10]. Por conseguinte, os presentes achados sobre o impacto da dominância manual devem ser interpretados com cautela, possuindo caráter estritamente exploratórios e norteador.

Conclusão

Na amostra estudada, a aprendizagem motora implícita de habilidades sequenciais em indivíduos com Doença de Parkinson (DP) não diferiu significativamente daquela observada em controles neurologicamente saudáveis. Além disso, a dominância manual não influenciou o desempenho na tarefa.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

A inteligência artificial foi utilizada somente para revisar aspectos ortográficos, de concordância e fluidez textual do estudo. Todo o conteúdo produzido foi submetido à estrita supervisão, validação e interpretação dos pesquisadores, que permaneceram responsáveis por todas as decisões analíticas e pela versão final do manuscrito. A ferramenta de IA utilizada para esse fim foi o Gemini Notebook (NotebookLM - Google).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento

Este trabalho foi realizado com o apoio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação (PPG/UFRN), por meio da concessão de bolsas de iniciação científica (PIBIC/UFRN - PVL20932-2023). Os autores também expressam sua gratidão à Facisa/UFRN pelo suporte financeiro institucional destinado ao pagamento da taxa de publicação deste artigo.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Dantas LV, Fonseca AJS, Cacho EWA; *Obtenção de dados:* Dantas LV, Fonseca AJS; *Análise e interpretação dos dados:* Dantas LV, Oliveira MC, Cacho EWA; *Redação do manuscrito:* Oliveira MC, Oliveira R, Cacho EWA; *Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:* Oliveira R, Cacho EWA.

Referências

1. Mychajliw C, Holz H, Minuth N, Dawidowsky K, Eschweiler GW, Metzger FG, Wortha F. Performance differences of a touch-based serial reaction time task in healthy older participants and older participants with cognitive impairment on a tablet: experimental study. *JMIR Aging*. 2024;7:e48265. doi:10.2196/48265.

2. Yadav G, Duque J. Reflecting on what is “skill” in human motor skill learning. *Front Hum Neurosci*. 2023;17:1117889. doi:10.3389/fnhum.2023.1117889.
3. Firouzi M, Baetens K, Swinnen E, Duta C, Baeken C, Van Overwalle F, Deroost N. Implicit learning of perceptual sequences is preserved in Parkinson’s disease. *Neuropsychology*. 2021;35(7):679-690. doi:10.1037/neu0000749.
4. Cataldi S, Stanley AT, Miniaci MC, Sulzer D. Interpreting the role of the striatum during multiple phases of motor learning. *FEBS J*. 2022;289(8):2263-2281. doi:10.1111/febs.15908.
5. Garr E. Contributions of the basal ganglia to action sequence learning and performance. *Neurosci Biobehav Rev*. 2019;107:279-295. doi:10.1016/j.neubiorev.2019.09.017.
6. Freidle M, Thompson WH, Albrecht F, Franzén E. Implicit motor sequence learning in people with mild to moderate Parkinson’s disease: behavior and related brain function. *J Parkinsons Dis*. 2023;13(3):367-378. doi:10.3233/JPD-223480.
7. Clark GM, Lum JA, Ullman MT. A meta-analysis and meta-regression of serial reaction time task performance in Parkinson’s disease. *Neuropsychology*. 2014;28(6):945-958. doi:10.1037/neu0000121.
8. Nissen MJ, Bullemer P. Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cogn Psychol*. 1987;19(1):1-32. doi:10.1016/0010-0285(87)90002-8.
9. Taveira RS. Player Feedback - equipamento para avaliação da aprendizagem motora pós-AVC: estudo piloto [dissertation]. Santa Cruz (RN): Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi; 2021.
10. Rizzo M, Ortelli P, Bottari A, Scarton A, Bombieri F, Fiorio M, Sebastianelli L, et al. Evaluation of implicit motor learning across body segments in Parkinson’s disease vs. healthy controls. *Sci Rep*. 2025;15:36287. doi:10.1038/s41598-025-21321-x.
11. Hayes HA, Hunsaker N, Dibble LE. Implicit motor sequence learning in individuals with Parkinson disease: a meta-analysis. *J Parkinsons Dis*. 2015;5(3):549-560. doi:10.3233/JPD-140441.
12. Malta M, Cardoso LO, Bastos FI, Magnanini MM, Silva CM. STROBE initiative: guidelines on reporting observational studies. *Rev Saude Publica*. 2010;44(3):559-565. doi:10.1590/S0034-89102010000300021.
13. Santos CS, Cerchiari EAN, Alvarenga MRM, Faccenda O, Oliveira MAC. Avaliação da confiabilidade do Mini-Exame do Estado Mental em idosos e associação com variáveis sociodemográficas. *Cogitare Enferm*. 2010;15(3):406-412.
14. Espírito-Santo H, Pires CF, Garcia IQ, Daniel F, Silva AG, Fazio RL. Preliminary validation of the Portuguese Edinburgh Handedness Inventory in an adult sample. *Appl Neuropsychol Adult*. 2017;24(3):275-287. doi:10.1080/23279095.2017.1290636.
15. Regnault A, Boroojerdi B, Meunier J, Bani M, Morel T, Cano S. Does the MDS-UPDRS provide the precision to assess progression in early Parkinson’s disease? Learnings from the Parkinson’s progression marker initiative cohort. *J Neurol*. 2019;266(8):1927-1936. doi:10.1007/s00415-019-09348-3.
16. Mello MPB, Botelho ACG. Correlação das escalas de avaliação utilizadas na doença de Parkinson com aplicabilidade na fisioterapia. *Fisioter Mov*. 2010;23(1):121-127. doi:10.1590/S0103-51502010000100012.

17. Tzvi E, Bey R, Nitschke M, Brüggemann N, Classen J, Münte TF, Krämer UM, Rumpf JJ. Motor sequence learning deficits in idiopathic Parkinson's disease are associated with increased substantia nigra activity. *Front Aging Neurosci.* 2021;13:685168. doi:10.3389/fnagi.2021.685168.
18. Yan He, Linshan Huang, Ke Wang, Xinran Pan, Qionghui Cai, Feiyang Zhang, et al., α -Synuclein Selectively Impairs Motor Sequence Learning and Value Sensitivity: Reversal by the Adenosine A2A Receptor Antagonists, *Cerebral Cortex*, Volume 32, Issue 4, 15 February 2022, Pages 808–823, <https://doi.org/10.1093/cercor/bhab244>
19. Gigi, I., Senatore, R. & Marcelli, A. The onset of motor learning impairments in Parkinson's disease: a computational investigation. *Brain Inf.* 11, 4 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40708-023-00215-6>
20. Freidle M, Johansson H, Lebedev AV, Ekman U, Lövdén M, Franzén E. Measuring implicit sequence learning and dual task ability in mild to moderate Parkinson's disease: a feasibility study. *PLoS One.* 2021;16(5):e0251849. doi:10.1371/journal.pone.0251849.
21. He Y, Huang L, Wang K, Pan X, Cai Q, Zhang F. α -Synuclein selectively impairs motor sequence learning and value sensitivity: reversal by the adenosine A2A receptor antagonists. *Cereb Cortex.* 2022;32(4):713-726. doi:10.1093/cercor/bhab225.
22. Korman M, Raz N, Flash T, Karni A. Multiple shifts in the representation of a motor sequence during the acquisition of skilled performance. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2003;100(21):12492-12497. doi:10.1073/pnas.2035019100.
23. Hornby TG, Straube DS, Kinnaird CR, Holleran CL, Echaz AJ, Rodriguez KS, Wagner EJ, Narducci EA. Importance of specificity, amount, and intensity of locomotor training to improve ambulatory function in patients poststroke. *Top Stroke Rehabil.* 2011;18(4):293-307. doi:10.1310/tsr1804-293.
24. Siegel S, Castellan, NJ. (2006). *Estatística Não-Paramétrica para as Ciências do Comportamento*. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed. 448p.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.