

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

Arthur Both Lahude

**O Efeito da idade na destreza
manual em indivíduos com doença
de Parkinson após protocolo com
realidade virtual**

UFCSPA
Universidade Federal de Ciências da Saúde
de Porto Alegre

Porto Alegre

2024

Arthur Both Lahude

O Efeito da idade na destreza manual em indivíduos com doença de Parkinson após protocolo com realidade virtual

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Fernanda
Cechetti

Porto Alegre
2024

Catálogo na Publicação

Lahude, Arthur Both

O efeito da idade na destreza manual em indivíduos com doença de Parkinson após protocolo com realidade virtual / Arthur Both Lahude. -- 2024.

56 f. : il., tab. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, 2024.

Orientador(a): Fernanda Cechetti.

1. Reabilitação neurológica. 2. Doença de Parkinson.
3. Extremidade superior. 4. Realidade virtual. I. Título.

Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFCSPA com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).

O Efeito da idade na destreza manual em indivíduos com doença de Parkinson após protocolo com realidade virtual

BANCA AVALIADORA

Dr. Alcyr Alves de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)

Dra. Nathalie Ribeiro Artigas

Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Dr. Alexandre Fonseca Brandão

Escola Politécnica
Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas)

Porto Alegre

2024

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a minha família que sempre me apoiou e garantiu um ensino de qualidade desde os meus primeiros anos de vida. O incentivo de vocês foi e continua sendo fundamental.

Agradeço a minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Fernanda Cechetti que sempre se mostrou disposta a ajudar e ensinar desde os meus primeiros dias da graduação em fisioterapia e me deu a oportunidade de continuar a carreira acadêmica na pós-graduação. A todos os meus colegas do grupo de Pesquisa em Reabilitação Neurofuncional (GPRN) da UFCSPA pela troca de ideias nesse período.

Agradeço a todos meus colegas de profissão no qual convivo diariamente pela ajuda direta ou indiretamente durante esse período, como também a todos os voluntários que se propuseram a participar deste projeto. Sem vocês isso não seria possível.

Por fim, agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação e à Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre por disponibilizar toda a estrutura para uma pós-graduação gratuita e de qualidade.

RESUMO

Introdução: A doença de Parkinson (DP) frequentemente afeta a destreza manual, impactando diretamente as atividades de vida diária do indivíduo e diminuindo sua qualidade de vida. A realidade virtual (RV) surge como uma terapia viável para melhorar a destreza manual nessa população. No entanto, a literatura ainda apresenta uma lacuna sobre o uso dessa tecnologia em diferentes faixas etárias de indivíduos com DP. **Objetivo geral:** Avaliar o efeito de uma intervenção com realidade virtual não imersiva em indivíduos com DP de diferentes faixas etárias. **Método:** 16 indivíduos com DP foram divididos em dois grupos baseados em sua idade: acima e igual a 65 anos (n=8) ou abaixo de 65 anos (n=8). Ambos os grupos realizaram 16 sessões de treinamento de membros superiores (MMSS) em realidade virtual com o *Leap Motion Controller* (LMC) durante 8 semanas. O desfecho principal analisado foi destreza manual grossa (BBT). Os desfechos secundários analisados foram destreza manual fina (9HPT), aspectos motores da vida diária (UPDRS-II 2.4-7), exame motor dos membros superiores (UPDRS-III 3.4-6), qualidade de vida (PDQ-39), cognição (MoCA), atividades de vida diária (TEMPA), força de preensão palmar máxima e de resistência (*Jamar dynamometer*), usabilidade do sistema (SUS) e efeitos adversos (SSQ). **Resultados:** Observou-se uma melhora na destreza manual grossa para ambos os grupos em ambos os MMSS, porém uma maior melhora foi obtida no grupo mais jovem. Além disso uma melhora na destreza manual fina em ambos os membros, na força máxima de preensão manual e uma melhor usabilidade do sistema foi observada no grupo mais jovem. No grupo mais velho observou-se uma melhora na resistência de preensão palmar. Além disso uma correlação negativa foi encontrada entre a idade dos participantes e a usabilidade do sistema, bem como no nível de melhora da destreza manual grossa pós protocolo. Nenhum efeito adverso foi relatado. **Conclusão:** A idade do indivíduo com DP deve ser levada em consideração em protocolos com RV envolvendo os MMSS principalmente para desfechos envolvendo a destreza manual. Além disso, a percepção do usuário em relação a usabilidade do sistema tem uma grande influência sobre o nível de melhora principalmente para indivíduos mais idosos.

Palavras-chave: Doença de Parkinson; Membro Superior; Destreza manual; Realidade Virtual; Envelhecimento.

ABSTRACT

Introduction: Parkinson's disease (PD) often impairs manual dexterity, affecting individuals' daily activities and reducing their quality of life. Virtual reality (VR) has emerged as a viable therapeutic tool to improve manual dexterity in this population. However, the literature still presents a gap regarding the application of VR across different age groups of individuals with PD. **Objective:** To evaluate the effect of a non-immersive virtual reality intervention in individuals with PD from different age groups. **Method:** Sixteen individuals with PD were divided into two age-based groups: those aged 65 years and older (n=8) and those younger than 65 years (n=8). Both groups underwent 16 sessions of upper limb (UL) training in virtual reality using the Leap Motion Controller (LMC) over a period of 8 weeks. The primary outcome analyzed was gross manual dexterity (BBT). The secondary outcomes assessed included fine manual dexterity (9HPT), motor aspects of daily living (UPDRS-II 2.4-7), motor examination of the UL's (UPDRS-III 3.4-6), quality of life (PDQ-39), cognition (MoCA), activities of daily living (TEMPA), maximum grip strength and endurance (Jamar dynamometer), system usability (SUS), and adverse effects (SSQ). **Results:** Both groups showed improvements in gross manual dexterity in both UL's, with the younger group demonstrating greater gains. Additionally, improvements in fine manual dexterity for both limbs, maximum grip strength, and better system usability were observed in the younger group. In the older group, an improvement in grip endurance was noted. A negative correlation was observed between age and both system usability and the improvement in gross manual dexterity post-intervention. No adverse effects were reported. **Conclusion:** The age of individuals with PD should be considered in VR protocols involving UL's, particularly for outcomes related to manual dexterity. Furthermore, users' perceptions regarding system usability significantly influence the level of improvement, especially for older individuals.

Keywords: Parkinson's Disease; Upper Limb; Manual Dexterity; Virtual Reality; Aging.

LISTA DE FIGURAS

Figure 1A. Participant setup during the use of the LMC.....	44
Figure 2A. Leap Motion Controller.....	44
Figure B. Flowchart.....	46

LISTA DE TABELAS

Table 1. Description of Games.....	45
Table 2. Sample Characteristics.....	47
Table 3. Results of pre- and post- intervention outcomes.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviaturas e siglas em português:

DP	Doença de Parkinson
MMSS	Membros superiores
RV	Realidade virtual

Abreviaturas e siglas em inglês:

9HPT	Nine Hole Peg Test
BBT	Box and blocks test
IQR	Interquartile range
LMC	Leap Motion Controller
MMSE	Mini Mental State Examination
MoCA	Montreal Cognitive Assessment
N	Absolut number
PD	Parkinson's disease
PDQ-39	Parkinson's Disease Questionnaire
SD	Standard deviation
SSQ	Simulator Sickness Questionnaire
SUS	System Usability Scale
TEMPA	Test d'Évaluation des Membres Supérieurs de Personnes Agées
UL	Upper limb
UPDRS-II, 2.4-7	Part 2 items 2.4-7 of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale
UPDRS-III, 3.4-6	Part 3, items 3.4-6 of Unified Parkinson's Disease Rating Scale
USB	Universal Serial Bus
VR	Virtual reality

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.1 Doença de Parkinson	11
1.2 Sintomas motores e o membro superior	12
1.3 Destreza manual	13
1.4 Realidade Virtual	14
1.5 A importância do fator “idade”	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1. 1 Doença de Parkinson

A doença de Parkinson (DP) é um distúrbio neurológico complexo, caracterizado principalmente por sintomas motores decorrentes do acúmulo de corpos de Lewy nas células nervosas e da degeneração de neurônios dopaminérgicos na substância negra (KALIA; LANG, 2015). O primeiro relato clínico da doença foi feito por James Parkinson, que identificou e documentou seus principais sintomas, referindo-se a ela como "paralisia agitante" (PARKINSON, 2002).

Entre os principais sintomas motores da doença estão o tremor, a rigidez, a bradicinesia e a instabilidade postural (OPARA et al., 2017). Essas manifestações motoras comprometem significativamente a vida do indivíduo, reduzindo a qualidade de vida (RODRÍGUEZ-VIOLANTE et al., 2018), aumentando o risco de quedas (KWON et al., 2021) e diminuindo a independência nas atividades cotidianas (DEAL et al., 2019).

A DP é a segunda doença neurodegenerativa mais prevalente no mundo, apresentando uma taxa de incidência que varia de 5 a 35 novos casos por 100.000 habitantes ao ano (SIMON; TANNER; BRUNDIN, 2020). Entre pessoas com idades entre 60 e 80 anos, a incidência da doença é de 1% e 3%, respectivamente (BALESTRINO; SCHAPIRA, 2020). A prevalência da DP tem aumentado globalmente, com uma projeção de 12 milhões de indivíduos diagnosticados até 2040 (DORSEY et al., 2018).

No Brasil, a notificação da DP não é obrigatória, o que dificulta a precisão dos dados disponíveis. Estima-se que aproximadamente 220 mil brasileiros convivem com a doença, sendo sua prevalência maior entre indivíduos de 60 a 79 anos (VASCONCELLOS; RIZZOTTO; TAGLIETTI, 2023). A incidência da DP varia entre os gêneros, com os homens apresentando um risco 1,5 a 2 vezes

maior de serem afetados em comparação com as mulheres (HAAXMA et al., 2007). Entre 2016 e 2020, a região Sudeste registrou o maior número de internações hospitalares relacionadas à doença, enquanto a região Nordeste apresentou o maior tempo médio de permanência hospitalar (SANTOS et al., 2022).

Embora a maioria dos diagnósticos de DP ocorra após os 60 anos, aproximadamente 3-5% dos casos são identificados antes dos 40 anos. Esses casos são classificados em duas categorias: "início jovem", quando o diagnóstico ocorre entre 21 e 40 anos, e "juvenil", quando é feito antes dos 21 anos (POST et al., 2020). A influência genética tende a ser mais pronunciada em diagnósticos precoces, com sintomas motores significativos, como distonia, sendo mais comuns nos estágios iniciais da doença (BOZI; BHATIA, 2003).

1.2 Sintomas motores e o membro superior

Estudos indicam que os primeiros sintomas motores da DP, perceptíveis em exames físicos, geralmente surgem nos membros superiores (MMSS). No estudo de Hoehn e Yahr, foi relatado que o tremor nos MMSS foi o primeiro sintoma em 70% dos 672 pacientes analisados (HOEHN, 1967). Mais recentemente, Monje et al. conduziram um estudo de coorte em que sintomas motores nos MMSS foram os primeiros sinais clínicos em mais de 90% dos 21 voluntários, com a mão sendo a região mais afetada (MONJE et al., 2021).

Alterações cinemáticas nesses membros incluem movimentos imprecisos, menos suaves e frequentemente irregulares em tarefas como alcançar e agarrar (RAND et al., 2014), além de dificuldades em movimentos de apontar (FASANO; MAZZONI; FALOTICO, 2022). A complexidade aumenta em movimentos combinados que envolvem cotovelo, ombro e tronco para executar tarefas funcionais (CORONA et al., 2018).

Com a progressão da DP, essas disfunções comprometem atividades diárias, como vestir-se, escovar os dentes, comer, abotoar roupas e usar o

celular, levando a uma piora na qualidade de vida (PROUD et al., 2015). Embora a terapia dopaminérgica ofereça benefícios no manejo dos sintomas, ela é ineficaz na melhora dos movimentos coordenados do braço e da mão, afetando as funções de alcance e preensão (SNIDER et al., 2014).

1.3 Destreza manual

A destreza manual é a capacidade de executar movimentos coordenados das mãos e dedos, essenciais para agarrar e manipular objetos com precisão. Essa habilidade depende de uma complexa integração entre sistemas musculares, esqueléticos e neurológicos, permitindo a realização de movimentos finos e controlados. Para que a destreza manual seja plenamente desenvolvida, é necessário não apenas o controle motor refinado, mas também a capacidade cognitiva de planejar e executar tarefas de forma eficaz (KREUTZER; DELUCA; CAPLAN, 2011). No contexto da DP, déficits na produção de força e na coordenação das mãos podem comprometer significativamente essa habilidade, restringindo a realização de atividades de vida diária e prejudicando a independência dos indivíduos desde os estágios iniciais até os mais avançados da doença (GORNIAK; MACHADO; ALBERTS, 2013).

Estudos indicam que a destreza manual, essencial para a execução de tarefas cotidianas, está diretamente relacionada à capacidade cognitiva e ao controle postural, especialmente em pacientes com DP. Um estudo destacou que o envelhecimento pode aumentar a influência do controle postural sobre a destreza manual, sugerindo que a idade deve ser levada em consideração na formulação de abordagens terapêuticas mais eficazes para essa população (KALKAN et al., 2020). Essa correlação entre destreza manual e cognição em indivíduos com DP reforça a importância de programas de reabilitação que adaptem as estratégias de tratamento às necessidades específicas de diferentes faixas etárias, visando melhorar a funcionalidade e a qualidade de vida desses pacientes (SILVA et al., 2024).

No estudo de coorte de *Collett* e colaboradores envolvendo 692 participantes com DP, foi relatado que entre as principais causas de afastamento laboral de indivíduos jovens com DP está o comprometimento da destreza manual causado por essa patologia. Os autores ressaltam a importância de estratégias para o manejo desse sintoma para uma melhor qualidade de vida dos indivíduos. O afastamento do trabalho, além de gerar um impacto econômico na sociedade, também deve ser avaliado em relação à sua influência na saúde mental dessa população (COLLETT et al., 2023).

Uma revisão sistemática com indivíduos pós-AVC indicou melhora na destreza manual e força de preensão, com alto índice de satisfação através do uso de Realidade Virtual (RV) (AGUILERA-RUBIO et al., 2022). Em pacientes com Esclerose Múltipla, Cuesta-Gómez registrou melhoras na coordenação após 10 semanas de intervenção com RV (CUESTA-GÓMEZ et al., 2020). Em pacientes com DP, Oña observou melhorias na destreza manual após um protocolo de 12 sessões de 30 minutos de intervenção (OÑA et al., 2018).

1.4 Realidade Virtual

Atualmente, a literatura sobre o manejo dos déficits em MMSS de indivíduos com DP inclui tratamentos como treinamento repetitivo de tarefas simples e duplas (GARCÍA-LÓPEZ et al., 2023), terapia do espelho (BONASSI et al., 2016), terapia de contensão induzida (LEE; LEE; HWANG, 2011) e treinamento sensório-motor (TAGHIZADEH et al., 2018). Mais recentemente, a RV tem ganhado destaque como uma opção terapêutica promissora, apresentando resultados positivos no tratamento de déficits motores em pacientes com DP (ALLEN et al., 2017; CUESTA-GÓMEZ et al., 2020; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ et al., 2019; OÑA et al., 2018). No entanto, ainda são necessários mais estudos para esclarecer completamente seus efeitos nesta população.

A RV tem se mostrado uma alternativa viável para reabilitação neurológica, com alguns estudos sugerindo eficácia superior às terapias sem uso

de realidade virtual (FENG et al., 2019). Essa abordagem tecnológica é valorizada por seu potencial de promover o aprendizado de movimentos através de feedbacks visuais, auditivos e/ou táteis, permitindo que o indivíduo treine processos motores e cognitivos simultaneamente em um ambiente envolvente e motivador (DOCKX et al., 2016). Entre as vantagens da RV estão a capacidade de adaptar o ambiente virtual para simular situações do dia a dia (SŁYK et al., 2019) e personalizar o tratamento de acordo com as necessidades do paciente (SVEISTRUP, 2004). Além disso, observadores externos podem monitorar e registrar o desempenho do paciente, permitindo a análise do progresso (MASSETTI et al., 2018).

O *Leap Motion Controller* (LMC) é um dos dispositivos mais estudados para reabilitação de MMSS. Ele captura movimentos sem necessidade de sensores físicos no corpo, projetando uma imagem virtual dos MMSS em uma tela para que o paciente execute tarefas como pegar objetos e ordenar figuras (OÑA et al., 2018). Este dispositivo permite a prática de movimentos finos com feedback instantâneo, facilitando a coordenação e a interação com o ambiente virtual (IOSA et al., 2015). Por sua portabilidade e custo acessível, o LMC é adequado tanto para uso terapêutico quanto domiciliar sem supervisão contínua, estimulando a aquisição e a retenção de habilidades motoras (OÑA et al., 2018).

O LMC também demonstrou eficácia em reabilitação pediátrica, incluindo condições como paralisia cerebral e artrite idiopática juvenil (TARAKCI et al., 2020). Outro estudo maior incluiu 23 pacientes divididos entre um grupo de LMC e um grupo controle submetido a terapias sem RV. Os resultados mostraram maior avanço na destreza manual no grupo LMC, com variação significativa (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ et al., 2019). Cikajlo et al. compararam a telereabilitação com o LMC a sessões clínicas e concluíram que os resultados eram semelhantes (CIKAJLO; HUKIĆ; ZAJC, 2021).

1.5 A importância do fator “idade”

Apesar do aumento de estudos recentes com resultados promissores sobre o uso da RV na DP, ainda existe uma grande lacuna em relação à estratificação etária dos voluntários. Vários estudos (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ et al., 2019; OÑA et al., 2018; SÁNCHEZ-HERRERA-BAEZA et al., 2020) mencionam a alta heterogeneidade das amostras como uma das principais limitações, indicando que os resultados devem ser interpretados com cautela.

Em nossa revisão sistemática publicada em 2023, que buscou analisar o impacto das terapias com dispositivos de RV nos MMSS de indivíduos com DP, foram incluídos oito estudos com um total de 132 participantes. No entanto, nenhum desses estudos investigou a eficácia da RV em diferentes faixas etárias (LAHUDE et al., 2023). Já uma revisão mais recente de Rodríguez-Mansilla analisou 20 estudos com 480 pacientes, variando de 52 a 81 anos de idade, em protocolos de RV voltados para desfechos de equilíbrio e marcha. Contudo, nenhum dos estudos realizou uma análise por faixa etária, e alguns nem mesmo permitiam discriminar a idade dos participantes (RODRÍGUEZ-MANSILLA et al., 2023).

Kwon et al., em uma meta-análise de 14 ensaios clínicos randomizados com 524 participantes, destacaram o impacto positivo da RV em desfechos de marcha quando comparada a terapias sem uso de RV, ressaltando a necessidade de considerar as diferentes idades dos participantes (KWON; PARK; KOH, 2023). Da mesma forma, Yu et al., em uma *Umbrella Review* de quatro meta-análises sobre RV na DP, observaram um efeito moderado na melhoria das atividades diárias e qualidade de vida, mas também apontaram alta heterogeneidade nas amostras e na variedade de dispositivos de RV, enfatizando a necessidade de mais estudos focados no desempenho motor dos MMSS (YU et al., 2023).

Considerar a idade é crucial ao introduzir tecnologias em populações mais velhas, devido a fatores como dificuldades de adaptação tecnológica associadas

a limitações cognitivas e físicas. Experiências negativas anteriores e a falta de letramento digital podem impactar a eficácia dos tratamentos com RV, exigindo maior esforço de adaptação por parte dos idosos em comparação a indivíduos mais jovens (SEIFERT; SCHLOMANN, 2021).

Ainda assim, estratégias de implementação, como programas de treinamento específicos, suporte técnico contínuo e interfaces intuitivas, podem facilitar a inclusão digital e promover um ambiente de aprendizado adequado para essa população. Com isso, é possível aumentar a aceitação da RV, melhorar a qualidade de vida dos idosos e fomentar um envelhecimento ativo e saudável (MARTÍNEZ-ALCALÁ et al., 2018).

Os estudos existentes sobre o uso do dispositivo LMC em indivíduos com DP ainda apresentam uma importante lacuna: a ausência de dados que estratifiquem os resultados por faixa etária. A idade é um fator que pode impactar diretamente a eficácia do tratamento, influenciando os resultados clínicos e as expectativas terapêuticas. Diante da relevância desse tema e da necessidade de dados mais robustos para a elaboração de diretrizes baseadas em evidências, este estudo propõe um protocolo de tratamento para MMSS com o uso do LMC em indivíduos com DP, estratificando os resultados por faixa etária. A expectativa é que os dados obtidos possam contribuir para um maior entendimento sobre o uso de terapias com RV na neuroreabilitação, auxiliando profissionais de saúde a aplicarem tratamentos mais eficazes e sustentados por evidências científicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA-RUBIO, Á. et al. Use of the Leap Motion Controller® System in the Rehabilitation of the Upper Limb in Stroke. A Systematic Review. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, v. 31, n. 1, p. 106174, jan. 2022.

ALLEN, N. E. et al. An interactive videogame for arm and hand exercise in people with Parkinson's disease: A randomized controlled trial. **Parkinsonism & Related Disorders**, v. 41, p. 66–72, ago. 2017.

BALESTRINO, R.; SCHAPIRA, A. H. V. Parkinson disease. **European Journal of Neurology**, v. 27, n. 1, p. 27–42, jan. 2020.

BONASSI, G. et al. Mirror Visual Feedback to Improve Bradykinesia in Parkinson's Disease. **Neural Plasticity**, v. 2016, p. 1–11, 2016.

BOZI, M.; BHATIA, K. P. Paroxysmal exercise-induced dystonia as a presenting feature of young-onset Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 18, n. 12, p. 1545–1547, dez. 2003.

CIKAJLO, I.; HUKIĆ, A.; ZAJC, D. Exergaming as Part of the Telerehabilitation Can Be Adequate to the Outpatient Training: Preliminary Findings of a Non-randomized Pilot Study in Parkinson's Disease. **Frontiers in Neurology**, v. 12, p. 625225, 16 mar. 2021.

COLLETT, J. et al. Lost employment potential and supporting people with Parkinson's to stay in work: insights from a Pan European cross-sectional survey. **Disability and Rehabilitation**, v. 45, n. 5, p. 832–839, 27 fev. 2023.

CORONA, F. et al. Quantitative assessment of upper limb functional impairments in people with Parkinson's disease. **Clinical Biomechanics**, v. 57, p. 137–143, ago. 2018.

CUESTA-GÓMEZ, A. et al. Effects of virtual reality associated with serious games for upper limb rehabilitation in patients with multiple sclerosis: randomized controlled trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 17, n. 1, p. 90, dez. 2020.

DEAL, L. S. et al. The Parkinson's Disease Activities of Daily Living, Interference, and Dependence Instrument. **Movement Disorders Clinical Practice**, v. 6, n. 8, p. 678–686, nov. 2019.

DOCKX, K. et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 2016, n. 12, 21 dez. 2016.

DORSEY, E. R. et al. The Emerging Evidence of the Parkinson Pandemic. **Journal of Parkinson's Disease**, v. 8, n. s1, p. S3–S8, 18 dez. 2018.

FASANO, A.; MAZZONI, A.; FALOTICO, E. Reaching and Grasping Movements in Parkinson's Disease: A Review. **Journal of Parkinson's Disease**, v. 12, n. 4, p. 1083–1113, 24 maio 2022.

FENG, H. et al. Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease Patients: A Randomized Controlled Trial. **Medical Science Monitor**, v. 25, p. 4186–4192, 5 jun. 2019.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, P. et al. Leap motion controlled video game-based therapy for upper limb rehabilitation in patients with Parkinson's disease: a feasibility study. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 16, n. 1, p. 133, dez. 2019.

GARCÍA-LÓPEZ, H. et al. Efficacy of Dual-Task Training in Patients with Parkinson's Disease: A Systematic Review with Meta-Analysis. **Movement Disorders Clinical Practice**, v. 10, n. 9, p. 1268–1284, set. 2023.

GORNIAK, S. L.; MACHADO, A. G.; ALBERTS, J. L. Force coordination during bimanual task performance in Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**, v. 229, n. 2, p. 261–271, ago. 2013.

HAAXMA, C. A. et al. Gender differences in Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, v. 78, n. 8, p. 819–824, 1 ago. 2007.

HOEHN, M. M. Parkinsonism: onset, progression, and mortality. v. 17, n. 5, p. 427–442, 1967.

IOSA, M. et al. Leap motion controlled videogame-based therapy for rehabilitation of elderly patients with subacute stroke: a feasibility pilot study. **Topics in Stroke Rehabilitation**, v. 22, n. 4, p. 306–316, ago. 2015.

KALIA, L. V.; LANG, A. E. Parkinson's disease. **The Lancet**, v. 386, n. 9996, p. 896–912, ago. 2015.

KALKAN, A. C. et al. A comparison of the relationship between manual dexterity and postural control in young and older individuals with Parkinson's disease. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 75, p. 89–93, maio 2020.

KREUTZER, J. S.; DELUCA, J.; CAPLAN, B. (EDS.). **Encyclopedia of Clinical Neuropsychology**. New York, NY: Springer New York, 2011.

KWON, K.-Y. et al. Association of fall risk factors and non-motor symptoms in patients with early Parkinson's disease. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 5171, 4 mar. 2021.

KWON, S.-H.; PARK, J. K.; KOH, Y. H. A systematic review and meta-analysis on the effect of virtual reality-based rehabilitation for people with Parkinson's disease. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 94, 20 jul. 2023.

LAHUDE, A. B. et al. The impact of virtual reality on manual dexterity of Parkinson's disease subjects: a systematic review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 18, n. 7, p. 1237–1244, 3 out. 2023.

LEE, K.-S.; LEE, W.-H.; HWANG, S. Modified Constraint-Induced Movement Therapy Improves Fine and Gross Motor Performance of the Upper Limb in Parkinson Disease. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 90, n. 5, p. 380–386, maio 2011.

MARTÍNEZ-ALCALÁ, C. I. et al. Digital Inclusion in Older Adults: A Comparison Between Face-to-Face and Blended Digital Literacy Workshops. **Frontiers in ICT**, v. 5, p. 21, 28 ago. 2018.

MASSETTI, T. et al. The Clinical Utility of Virtual Reality in Neurorehabilitation: A Systematic Review. **Journal of Central Nervous System Disease**, v. 10, p. 1179573518813541, jan. 2018.

MONJE, M. H. G. et al. Motor Onset Topography and Progression in Parkinson's Disease: the Upper Limb Is First. **Movement Disorders**, v. 36, n. 4, p. 905–915, abr. 2021.

OÑA, E. D. et al. Effectiveness of Serious Games for Leap Motion on the Functionality of the Upper Limb in Parkinson's Disease: A Feasibility Study. **Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2018, p. 1–17, 2018.

OPARA, J. et al. Motor assessment in Parkinson's disease. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 24, n. 3, p. 411–415, 21 set. 2017.

PARKINSON, J. An Essay on the Shaking Palsy. **J Neuropsychiatry Clin Neurosci**, 2002.

POST, B. et al. Young Onset Parkinson's Disease: A Modern and Tailored Approach. **Journal of Parkinson's Disease**, v. 10, n. s1, p. S29–S36, 1 set. 2020.

PROUD, E. L. et al. Evaluation of Measures of Upper Limb Functioning and Disability in People With Parkinson Disease: A Systematic Review. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 96, n. 3, p. 540- 551.e1, mar. 2015.

RAND, M. K. et al. Coordination deficits during trunk-assisted reach-to-grasp movements in Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**, v. 232, n. 1, p. 61–74, jan. 2014.

RODRÍGUEZ-MANSILLA, J. et al. Effects of Virtual Reality in the Rehabilitation of Parkinson's Disease: A Systematic Review. **Journal of Clinical Medicine**, v. 12, n. 15, p. 4896, 26 jul. 2023.

RODRÍGUEZ-VIOLANTE, M. et al. Motor and non-motor wearing-off and its impact in the quality of life of patients with Parkinson's disease. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 76, n. 8, p. 517–521, ago. 2018.

SÁNCHEZ-HERRERA-BAEZA, P. et al. The Impact of a Novel Immersive Virtual Reality Technology Associated with Serious Games in Parkinson's Disease Patients on Upper Limb Rehabilitation: A Mixed Methods Intervention Study. **Sensors**, v. 20, n. 8, p. 2168, 11 abr. 2020.

SANTOS, G. F. et al. Doença de Parkinson: Padrão epidemiológico de internações no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e13511124535, 3 jan. 2022.

SEIFERT, A.; SCHLOMANN, A. The Use of Virtual and Augmented Reality by Older Adults: Potentials and Challenges. **Frontiers in Virtual Reality**, v. 2, p. 639718, 30 abr. 2021.

SILVA ET AL. Association between cognitive performance and manual dexterity in patients with Parkinson's disease. **Association between cognitive performance and manual dexterity in patients with Parkinson's disease**, p. Oct;29(4):e2126., 2024.

SIMON, D. K.; TANNER, C. M.; BRUNDIN, P. Parkinson Disease Epidemiology, Pathology, Genetics, and Pathophysiology. **Clinics in Geriatric Medicine**, v. 36, n. 1, p. 1–12, fev. 2020.

SŁYK, S. et al. Virtual reality in the diagnostics and therapy of neurological diseases. **Expert Review of Medical Devices**, v. 16, n. 12, p. 1035–1040, 2 dez. 2019.

SNIDER, J. et al. Scaling and coordination deficits during dynamic object manipulation in Parkinson's disease. **Journal of Neurophysiology**, v. 112, n. 2, p. 300–315, 15 jul. 2014.

SVEISTRUP, H. Motor rehabilitation using virtual reality. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 1, n. 1, p. 10, 10 dez. 2004.

TAGHIZADEH, G. et al. The effect of sensory-motor training on hand and upper extremity sensory and motor function in patients with idiopathic Parkinson disease. **Journal of Hand Therapy**, v. 31, n. 4, p. 486–493, out. 2018.

TARAKCI, E. et al. Leap Motion Controller–based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents with physical disabilities: A randomized controlled trial. **Journal of Hand Therapy**, v. 33, n. 2, p. 220–228.e1, abr. 2020.

VASCONCELLOS, P. R. O.; RIZZOTTO, M. L. F.; TAGLIETTI, M. Hospitalization and mortality from Parkinson's Disease in Brazil from 2008 to 2020. **Saúde em Debate**, v. 47, n. 137, p. 196–206, 2023.

YU, J. et al. Efficacy of virtual reality training on motor performance, activity of daily living, and quality of life in patients with Parkinson's disease: an umbrella review comprising meta-analyses of randomized controlled trials. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 133, 30 set. 2023.