

GABRIEL PEREIRA DUARTE

PROCESSOS INTERATIVOS
DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO • ICS • UFBA



**FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE IDOSOS COM A
DOENÇA DE PARKINSON SUBMETIDOS AO
TREINAMENTO FUNCIONAL, BICICLETA
ESTACIONÁRIA E *EXERGAME*: UM ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO UNICEGO**

Salvador
2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS
INTERATIVOS DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS**



GABRIEL PEREIRA DUARTE

**FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE IDOSOS COM A DOENÇA DE
PARKINSON SUBMETIDOS AO TREINAMENTO FUNCIONAL,
BICICLETA ESTACIONÁRIA E *EXERGAME*: UM ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO UNICEGO**

Salvador
2021

GABRIEL PEREIRA DUARTE

**FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE IDOSOS COM A DOENÇA DE
PARKINSON SUBMETIDOS AO TREINAMENTO FUNCIONAL,
BICICLETA ESTACIONÁRIA E *EXERGAME*: UM ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO UNICEGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, do Instituto de Ciências da Saúde – Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Manoel da Silva Ribeiro

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Dominguez Ferraz

Salvador
2021

Duarte, Gabriel Pereira

Função respiratória de idosos com a doença de Parkinson submetidos ao treinamento funcional, bicicleta estacionária e *exergame*: um ensaio clínico randomizado unicego. / [Manuscrito]. Gabriel Pereira Duarte. – Salvador, 2021.

68f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Manoel da Silva Ribeiro.

Corientador: Prof. Dr. Daniel Dominguez Ferraz.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Salvador, 2021.

1. Doença de Parkinson. 2. Testes de Função Respiratória. 3. Fisioterapia. 4. Idosos.
I. Ribeiro, Nildo Manoel da Silva. II. Dominguez Ferraz, Daniel. III. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciência da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. IV. Título

CDD 616.833 21. ed.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA



Instituto de Ciências da Saúde



TERMO DE APROVAÇÃO DA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO

GABRIEL PEREIRA DUARTE

**FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE IDOSOS COM A DOENÇA DE
PARKINSON SUBMETIDOS AO TREINAMENTO FUNCIONAL,
BICICLETA ESTACIONÁRIA E *EXERGAME*: UM ENSAIO CLÍNICO
RANDOMIZADO UNICEGO**

Salvador, Bahia, 21 de janeiro de 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA:

DocuSigned by:
Nildo Manoel da Silva Ribeiro
2CC695BD3368418...

PROF DR NILDO MANOEL DA SILVA RIBEIRO (Examinador Interno)

DocuSigned by:
[Signature]
705259AAE9F04DD...

PROFA DRA KAREN VALADARES TRIPPO (Examinadora Interna)

DocuSigned by:
[Signature]
CF8B8711A42A4B0...

PROFA DRA MARILIA LIRA DA SILVEIRA COÊLHO (Examinadora Externa)

Av. Reitor Miguel Calmon, s/n, Vale do Canela – Salvador/BA – CEP 40.110-100 Tel.: (71) 3283-8959 – E-mail:

ppgorgsistem@ufba.br

AGRADECIMENTOS

À causa primeira de todas as coisas.

A minha família, pelo apoio e compreensão, mesmo à distância.

Ao meu orientador, Dr. Nildo, por me conferir credibilidade, contribuir com o seu vasto conhecimento e, sobretudo, por ser uma pessoa de tamanha civilidade.

Ao meu coorientador, Dr. Daniel, pelo apoio, incentivo e compartilhamento do saber, fundamentais à conclusão desta dissertação.

A minha esposa, Michelli, pelo incentivo, amparo e colaboração nesse processo.

A Alexandra Asanovna Elbakyan, criadora do Sci-Hub; sem ela este trabalho não seria possível.

Aos alunos do curso de Fisioterapia da UFBA, Daniela, Sara, Raissa, Graziella, Amanda e Luan, pela substancial colaboração.

Muito obrigado!

DUARTE, Gabriel Pereira. **Função respiratória de idosos com a doença de Parkinson submetidos ao treinamento funcional, bicicleta estacionária e *exergame*: um ensaio clínico randomizado unicego**. 2021. 68f. il. (Dissertação) Mestrado - Processos Interativos de Órgãos e Sistemas, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia.

RESUMO

Introdução: Embora a função respiratória (FR) já se encontre alterada nos estágios iniciais da Doença de Parkinson (DP), as intervenções fisioterapêuticas convencionais e alternativas não têm como foco esse déficit. **Objetivo:** Avaliar os efeitos do treino funcional, do treino em bicicleta estacionária e de exercícios realizados no *exergame*, sobre a FR de idosos com DP em estágios leve e moderado. **Material e métodos:** Finalizaram o protocolo de intervenção um total de 58 participantes, randomizados em 3 grupos, 18 no grupo de treino funcional (GF), 20 no grupo de treino em bicicleta estacionária (GB) e 20 no grupo *exergame* (GE). Todas as intervenções tiveram uma duração de 8 semanas e uma frequência de 3 vezes por semana. Como desfecho primário, foi investigado o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1). Os desfechos secundários foram a capacidade vital forçada (CVF), o pico de fluxo expiratório (PFE), a pressão inspiratória máxima (Pimáx) e a pressão expiratória máxima (Pemáx). As avaliações foram realizadas antes e depois das intervenções por um único pesquisador cego. **Resultados:** As intervenções realizadas não apresentaram resultados significativos sobre a CVF, o VEF1 e o PFE. No entanto, o GB apresentou melhora significativa na Pemáx mediana de 60cmH₂O para 80cmH₂O, (p=0,03) e o GE melhorou significativamente a Pimáx de -58cmH₂O para -70cmH₂O (p=0,01). Não houve diferença na comparação entre os grupos. **Conclusão:** As intervenções realizadas não alteraram significativamente a CVF, o VEF1 e o PFE, porém o treino aeróbico em bicicleta estacionária melhorou a força muscular expiratória e os exercícios com *exergame* melhoraram a força muscular inspiratória. Estes resultados sugerem a necessidade de se avaliar e implementar ações para prevenir e tratar o declínio da FR de idosos com DP, de forma precoce.

Palavras-chave: Doença de Parkinson. Testes de função respiratória. Fisioterapia. Idosos.

DUARTE, Gabriel Pereira. Respiratory function of elderly people with Parkinson's disease undergoing functional training, stationary bike and exergaming: a clinical randomized single-blind study. 2021. 68s. ill. Dissertation (Masters) - Interactive Bodies and Systems Processes, Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia.

ABSTRACT

Background: Although respiratory function (RF) is diminished in the early stages of Parkinson's disease (PD), conventional and alternative physical therapy interventions don't focus impaired respiratory function. **Objective:** The aim of the study was to evaluate the effects of functional training, training on a stationary bicycle, and exercises performed on Exergame, on the respiratory function of elderly people with Parkinson's disease in mild and moderate stages. **Methods:** A total of 58 participants completed the intervention protocol, randomized into 3 groups, 18 in the functional training group (FG), 20 in the stationary bicycle training group (GB) and 18 in the Exergame group (GE). All interventions had a duration of 8 weeks and a frequency of 3 times a week. As a primary endpoint, forced expiratory volume in the first second (FEV1) was investigated. Secondary end points were forced vital capacity (FVC), peak expiratory flow (PEF), maximum inspiratory pressure (Pimax), and maximum expiratory pressure (Pemax). The evaluations were carried out before and after the interventions by a single blinded researcher. **Results:** The performed interventions did not present significant results on FVC, FEV1 and PEF. However, GB showed a significant improvement in Pemax, median from 60cmH₂O to 80cmH₂O ($p = 0.03$) and the EG significantly improved Pimax, median from -58cmH₂O to -70cmH₂O ($p = 0.01$). There was no difference in the comparison between the groups. **Conclusion:** The interventions performed did not significantly change FVC, FEV1 and PEF however aerobic training on a stationary bicycle improved expiratory muscle strength and exergame exercises improved inspiratory muscle strength. These results suggest the need to evaluate and implement actions to prevent and treat respiratory function decline in elderly people with Parkinson's disease at an early stage.

Keywords: Parkinson disease. Respiratory Function Tests. Physical Therapy Modalities. Aged.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Diagrama do fluxo dos participantes de um ensaio clínico randomizado com três diferentes grupos de intervenção (Treinamento funcional, Bicicleta estacionária e *Exergame*). Salvador, Bahia, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017 48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características demográficas, clínicas e dados de FR antes das intervenções, dos idosos com DP. Salvador, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017	49
Tabela 2	Diferença da função respiratória antes e após intervenção por grupo. Salvador, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017	50
Tabela 3	Porcentagem dos valores previstos de função respiratória antes e após intervenção por grupo. Salvador, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017	51
Tabela 4	Diferença entre os grupos. Salvador, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM – *American College of Sports Medicine*

ANOVA – Análise de Variância

ATP – Adenosina Trifosfato

AVC – Acidente Vascular Cerebral

ADM – Amplitude de Movimento

BBS – *Berg Balance Score*

BDNF – *Brain Derived Neurotrophic Factor*

CONSORT – *Consolidated Standards of Reporting Trials*

CVF – Capacidade Vital Forçada

3D – Três Dimensões

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

DP – Doença de Parkinson

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

FC – Frequência Cardíaca

FEV1 – Fluxo Expiratório Forçado no Primeiro Segundo

FR – Função Respiratória

FSS-BR – *Fatigue Severity Scale* Versão Brasileira

GB – Grupo Treinamento em Bicicleta Estacionária

GDNF – *Glial Derived Neurotrophic Factor*

GE – Grupo *Exergame*

GF – Grupo Treinamento Funcional

MDCS – Mínima Diferença Clinicamente Significativa

MoCA – Escala Cognitiva de Montreal

PA – Pressão Arterial

PAS – Pressão Arterial Sistólica

PDQ-39 – Questionário da Doença de Parkinson

Pemáx – Pressão Expiratória Máxima

PIGD – *Postural Instability and Gait Difficulty Control*

Pimáx – Pressão Inspiratória Máxima

PNF – Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva

1RM – Uma Repetição Máxima

SpO2 – Saturação Periférica de Oxigênio

TA – Treino Aeróbico

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TR – Treino Resistido

TUG – *Time Up Go Test*

UPDRS-III – *Unified Parkinson Disease Rating Scale*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	DOENÇA DE PARKINSON	15
2.1.1	Fisiopatologia da Doença de Parkinson	17
2.2	DOENÇA DE PARKINSON E FUNÇÃO RESPIRATÓRIA	18
2.3	O TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO DA DOENÇA DE PARKINSON	23
2.3.1	Treino aeróbico	25
2.3.2	Treino resistido	28
2.3.3	Treino de Mobilidade	31
2.3.4	Treino de Equilíbrio	31
2.3.5	<i>Exergame</i>	33
2.3.6	Terapias alternativas	38
3	MATERIAL E METÓDOS	42
3.1	POPULAÇÃO E AMOSTRA	42
3.2	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	42
3.3	RANDOMIZAÇÃO	43
3.4	PROCEDIMENTOS DE INTERVENÇÃO	43
3.5	GRUPO TREINAMENTO FUNCIONAL	44
3.6	GRUPO BICICLETA ESTACIONÁRIA	45
3.7	GRUPO <i>EXERGAME</i>	45
3.8	PROCEDIMENTOS DA COLETA	46
3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
4	RESULTADOS	48
5	DISCUSSÃO	52
6	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE- Ficha de coleta de dados da função respiratória	67
	ANEXO	68

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional, antes visto como um fenômeno consolidado apenas nos países desenvolvidos, e fazendo parte de projeções de países em desenvolvimento, hoje, no Brasil, é um fato. Uma população reconhecidamente idosa virá a apresentar mais condições crônicas que requerem cuidados de saúde, dentre as quais se encontra a Doença de Parkinson (DP)^{1,2}.

Caracterizada como uma doença crônico-degenerativa, a DP afeta a produção de dopamina na substância negra dos núcleos basais, o que acarreta repercussões clínicas diversas, dentre as quais podemos citar a bradicinesia, o tremor, a instabilidade postural e a rigidez^{1,2}.

Até o momento, não foi encontrada uma cura para a doença de Parkinson, que continua sendo, destarte, uma condição que requer tratamento e controle, o que pode ser feito por fármacos ou intervenções não farmacológicas, como as fisioterapêuticas, que podem atuar nas disfunções motoras com a utilização de exercícios terapêuticos de fortalecimento muscular, flexibilidade, equilíbrio, transferências, dentre outras¹⁻⁴.

Levando em consideração o fato das repercussões motoras da DP terem seu aparecimento mais pronunciado e inclusive, na maioria das vezes, levando ao diagnóstico da doença, acabam sendo, conseqüentemente, as mais tratadas pela fisioterapia. Cabe salientar, no entanto, que também as disfunções respiratórias estão presentes na DP, sendo que muitas vezes acabam não sendo o principal objetivo do tratamento fisioterapêutico⁴⁻⁶.

Além da perda de função respiratória inerente ao processo de envelhecimento alguns aspectos da DP, como a fraqueza muscular característica, engloba também os músculos respiratórios. Além disso, com o avançar do quadro da DP, pode haver um comprometimento da postura do tronco, que comumente se apresenta em flexão, a redução da mobilidade torácica e problemas de deglutição, repercutem na redução da capacidade de tosse. Estes fatores tornam os pacientes mais suscetíveis à pneumonia aspirativa, que, em muitos casos, pode levar o indivíduo idoso com Parkinson ao óbito⁴⁻⁶.

Com o aparecimento das primeiras repercussões motoras, o indivíduo com DP passa a diminuir a frequência e/ou a intensidade das suas atividades físicas, levando a adaptações da capacidade de exercício, reduzindo dessa forma a demanda do sistema

respiratório, porém com o avançar da doença, a realização de atividades, mesmo que usuais, tornarão o déficit da função respiratória (FR) mais evidente⁷.

As técnicas usuais de tratamento fisioterapêutico de indivíduos com DP estão voltadas primariamente para a função motora, englobando exercícios que visam principalmente à prevenção de quedas. Dentre as técnicas fisioterapêuticas utilizadas o treinamento aeróbico se destaca por ser um recurso capaz de promover condicionamento físico global, melhora da função da marcha, do equilíbrio e função cognitiva^{1,3,8}.

Além das técnicas tidas como “convencionais”, um tratamento que pode ser considerado como alternativo e que vem ganhando espaço como intervenção fisioterapêutica é o *exergame*, definido como jogos de videogame que estimulam a movimentação corporal para solução de desafios mentais, promovendo integração multissensorial, ao exigir atenção do praticante dessa modalidade enquanto executa tarefas motoras, trazendo-lhe benefícios, como melhora do equilíbrio estático e dinâmico, força muscular, capacidade aeróbica, mobilidade, além de um estímulo cognitivo e motivacional⁸.

Diferentes formas de tratamento fisioterapêutico são propostas para a melhora dos pacientes com DP, focando, muitas vezes, nas alterações motoras e posturais. A função respiratória já se encontra alterada mesmo nas fases iniciais da doença; além disso, a perda dessa FR pode ocorrer de maneira súbita. Dessa forma, faz-se necessário conhecer o impacto dos recursos fisioterapêuticos que já integram o tratamento da DP, como o treinamento funcional e a bicicleta estacionária e o *exergame* sobre a função respiratória.

Diante do exposto, propõe-se a investigar neste trabalho o efeito de três modalidades diferentes de tratamento fisioterapêutico na função respiratória de idosos com DP, o treinamento funcional, o treino em bicicleta estacionária e o *exergame*. Seu objetivo geral consistiu em avaliar o impacto do treino funcional, da bicicleta estacionária e do *exergame* sobre a função respiratória de idosos com DP; já o seu objetivo específico foi o de comparar os efeitos sobre a função respiratória dos três grupos antes e após as intervenções.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DOENÇA DE PARKINSON

Definida como uma afecção crônica e degenerativa do sistema nervoso central, a Doença de Parkinson (DP) está relacionada diretamente à diminuição da transmissão sináptica dopaminérgica nos núcleos da base. Na maioria dos casos, é tida como de etiologia idiopática, mas acredita-se que seu surgimento esteja ligado à complexa interação de exposição a fatores de risco ambientais e uma predisposição genética, atreladas ao processo fisiológico de envelhecimento^{9,10}.

Estudos recentes sugerem que outros sistemas, além do dopaminérgico, têm atuação na etiopatogenia da DP: são eles os sistemas serotoninérgicos, noradrenérgicos e colinérgicos. As manifestações não motoras da doença, como a depressão, a disfunção cognitiva e os distúrbios do sono, estariam relacionadas a déficits em outras regiões do cérebro e do tronco encefálico, onde atuam esses sistemas¹⁰⁻¹³.

O processo patofisiológico que resulta na manifestação da DP seria o resultado de uma falha no mecanismo de eliminação de substâncias neurotóxicas (proteínas indesejadas), que induzem a geração dos chamados corpos de Lewy, que, com o passar do tempo, acumulam-se, levando à disfunção celular e à perda neuronal em diferentes locais do sistema nervoso^{10,13}.

Indivíduos expostos a determinados fatores ambientais estariam mais propensos ao acometimento da DP. Alguns desses fatores já estão bem estabelecidos, como os que se verificam em trabalhadores rurais expostos a herbicidas, pesticidas e que consomem água de poço; ou aqueles trabalhadores que atuam nas indústrias ligadas ao aço, petroquímicos e solventes e no setor da mineração; há ainda uma associação recentemente descoberta quanto ao acometimento da doença em trabalhadores que manipulam solda, apresentando, estes, mais precocemente, os sintomas da DP¹⁴⁻¹⁶.

O hábito de fumar tem sido apontado como um suposto fator protetor para a DP. É sabido que a nicotina age promovendo um aumento da ação dopaminérgica estriatal, porém, deve-se levar em consideração que fumantes estão propensos a ser acometidos por outras condições, tais como as doenças cardiovasculares, o que os levariam a morte em idade mais precoce, inviabilizando a manifestação da DP, uma vez que ela costuma ocorrer em idades mais avançadas^{10,17,18}.

A exposição a pesticidas é um fator associado ao aparecimento da DP, porém não se conhece o seu mecanismo de ação ou a relação dose-resposta que seria necessária

para a manifestação da doença. Não existem evidências consistentes ligando a exposição a metais e a DP, apesar de já terem sido encontrados acúmulos de metais como o ferro, zinco e cobre na substância negra de pessoas com DP em comparação a controles sem a DP¹⁸.

Os fatores de risco cardiovasculares, tais como hipertensão arterial, diabetes melitus, hipercolesterolemia e obesidade (associados à neurodegeneração inerente ao processo de envelhecimento), parecem ter um papel coadjuvante no processo de degeneração vascular, estresse oxidativo e disfunção mitocondrial envolvidos na DP. Contudo, até o momento, não há evidência consistente de associação entre hipertensão arterial e diabetes com a DP. Parece haver apenas um pequeno efeito protetor das estatinas usadas no tratamento da hipercolesterolemia em subgrupos específicos para a DP. Em relação à obesidade, os resultados são conflitantes, não havendo um consenso sobre a sua associação à DP¹⁸⁻²¹.

Em relação à dieta, não foi encontrada uma forte associação entre o consumo de determinados alimentos como fator de risco ou proteção para a DP. Há alguns indícios do consumo de leite em homens e a maior ingestão de ferro como fatores de risco, mas sem consistência comprobatória até o momento. Em relação aos fatores de proteção, há uma relação entre o ômega 3 e neuroproteção em modelos animais, mas sem evidências em humanos. Além disso, uma maior ingestão de vitamina E pode estar relacionada a um menor risco de DP^{18,19}.

O exercício físico pode ser considerado neuroprotetor, principalmente por estar relacionado ao aumento da expressão de fatores neurotróficos. Entretanto, não há uma evidência forte que confirme o exercício como fator de proteção na DP. Um estudo identificou uma associação entre o exercício de alta intensidade e a diminuição de risco para DP, mas não aquele de moderada intensidade ou recreacional^{18,19}.

2.1.1 Fisiopatologia da Doença de Parkinson

O estresse oxidativo é descrito como um fator de degradação neuronal que ocorre a partir do ponto em que a geração de radicais livres não é acompanhada adequadamente da sua remoção, permitindo, assim, o acúmulo de substâncias consideradas neurotóxicas, como o peróxido de hidrogênio, que já foi relacionado à disfunção do metabolismo neuronal a nível da substância negra do mesencéfalo, contribuindo para a sua neurodegeneração^{10,17}.

Sob a influência de fatores genéticos ou mesmo tóxicos, ambientais, externos ou internos, as mitocôndrias seriam levadas a uma espécie de disfunção respiratória mitocondrial, que influenciaria a degeneração neuronal e, conseqüentemente, a morte celular em regiões críticas do sistema nervoso, contribuindo, dessa forma, para a patogênese da DP. Exercendo um papel fundamental no metabolismo celular, na produção de ATP e no estresse oxidativo, alterações no DNA mitocondrial já foram encontradas e associadas à DP¹⁵⁻¹⁷.

Os fatores genéticos associados à doença de Parkinson se relacionam a defeitos em grupos de genes específicos que foram identificados em famílias com casos de DP recorrentes, grupos dentre os quais se destacam os denominados Parkin. Esse grupo de genes codifica uma proteína de mesmo nome que está relacionada à formação e degradação de complexos citoplasmáticos, que, em última instância, levariam ao processo de neurodegeneração, apoptose e morte celular¹⁵.

Estima-se que no momento do aparecimento dos sintomas que levam na maioria das vezes ao diagnóstico clínico da DP, (rigidez, bradicinesia, tremor e instabilidade postural), já tenha ocorrido uma diminuição de aproximadamente 80% do conteúdo de dopamina, comprometendo a via nigro-estriatal e acarretando a morte de cerca de 60% dos neurônios dopaminérgicos do grupo de células ventro-laterais da região compacta da substância negra do mesencéfalo^{15,22}.

A redução da quantidade de dopamina da via nigro-estriatal afeta as sinapses nos núcleos da base no corpo estriado, sendo esse um ponto crucial de processamento de informações, o que irá influenciar diretamente o córtex motor, gerando a diminuição dos movimentos voluntários, mecanismo que estaria por trás do surgimento da chamada síndrome rígido-acinética^{15,22}.

Foi identificada a presença de seis estágios evolutivos da DP, o que facilita a compreensão das áreas cerebrais afetadas. Na primeira fase, o núcleo motor dorsal dos nervos glossofaríngeo e vago, a zona reticular intermediária e o núcleo olfatório anterior são acometidos; na segunda fase, os núcleos da rafe, o núcleo reticular gigantocelular e

o complexo lócus ceruleus; na terceira fase, a parte compacta da substância negra do mesencéfalo é atingida; na quarta fase, a região pomesencefálica do mesocórtex temporal é comprometida; na quinta fase, as áreas de associação no neocórtex e do neocórtex pré-frontal são atingidas; na sexta fase, as áreas de associação do neocórtex, áreas pré-motoras e motoras primárias são comprometidas^{15,22-24}.

As alterações motoras da DP como bradicinesia, tremor e rigidez surgem em consequência das alterações na via nigroestriatal, já a via mesolímbica quando afetada surgem alterações comportamentais como depressão, ansiedade, pânico e descontrole dos impulsos, as disfunções da via mesocortical estão relacionadas a distúrbios de atenção, demência, hiperatividade e psicose^{15,22}.

Já consolidada a DP como a segunda doença degenerativa mais comum em todo o mundo, ficando atrás apenas do Alzheimer, os dados a seu respeito no Brasil permanecem um tanto quanto obscuros. Algumas projeções indicam que a expectativa de vida do brasileiro em 2030 será de 78,6 anos e, em 2060, 81,2 anos, com a estimativa de uma prevalência da DP em 3% da população com 60 anos ou mais; com o aumento da expectativa vida, a projeção é que mais idosos sejam acometidos pela DP²⁵⁻²⁸.

2.2 DOENÇA DE PARKINSON E FUNÇÃO RESPIRATÓRIA

O impacto da DP sobre a função respiratória é conhecido desde 1817, quando James Parkinson a descreveu pela primeira vez. É sabido que as principais causas de morbidade e mortalidade nessa população se relacionam com a disfunção respiratória, o que irá se traduzir, comumente, já em estágios mais avançados da doença, em problemas de deglutição, broncoaspiração e, conseqüentemente, na pneumonia aspirativa, muitas vezes fatal^{7,29,30}.

O processo de envelhecimento já acarreta por si só a diminuição da função respiratória (FR), o que leva a diminuição da força e flexibilidade dos músculos respiratórios, além da redução dos volumes e capacidades pulmonares. No indivíduo acometido pela DP, essas perdas são acentuadas, levando em consideração as próprias características da doença, como a incoordenação motora, a rigidez e as alterações posturais típicas, principalmente no tronco. Não é possível a luz dos conhecimentos

atuais predizer quando a alteração da FR na DP é limitada ao próprio processo de envelhecimento e quando essa disfunção é devida exclusivamente a própria DP⁵⁻⁷.

A rigidez da caixa torácica colabora para a redução da elasticidade e complacência pulmonar; além disso, a existência de doenças obstrutivas pulmonares e doenças da via aérea superior contribui de maneira significativa para o comprometimento da FR na DP⁵⁻⁷.

Os sintomas respiratórios na DP variam desde uma dispneia sem causa aparente, dispneia aos esforços, sonolência diurna gerada pela hipóxia noturna ou até mesmo estridor agudo. Entretanto, grande parte dos pacientes vai permanecer assintomática, apesar de apresentar exames de função respiratória severamente comprometidos em relação a indivíduos saudáveis. Uma explicação plausível a esse fato é que as limitações impostas pelo comprometimento motor levariam o indivíduo com DP a uma diminuição do seu nível de atividade física e da sua tolerância ao exercício, o que não o induziria a ter queixas respiratórias³⁰.

Outras condições devem ser levadas em consideração quando se trata do quadro de falta de ar em pessoas com DP, tais como infecção, embolia pulmonar, ansiedade e insuficiência cardíaca, que devem fazer parte do diagnóstico por exclusão, uma vez que uma série de mecanismos podem ser causadores da falta de ar na DP, como, por exemplo, a insuficiência da musculatura esquelética, que traz prejuízos tanto à própria bomba muscular ventilatória, como também à musculatura que mantém as vias aéreas superiores pérvias, além da deficiência de dopamina^{30,31}.

A rigidez da parede torácica, aliada à redução do volume pulmonar subsequente a cifoescoliose típica da DP, causa um padrão de disfunção pulmonar restritiva; outro padrão descrito é a obstrução de vias áreas superiores; discinesias diafragmáticas, anormalidades do controle ventilatório, além de comprometimento pleuropulmonar ocasionado por medicamentos são alguns dos padrões de disfunção pulmonar descritos na DP^{30,31}.

Com uma prevalência aproximada de 33% na população de pessoas com a DP, a obstrução de vias aéreas superiores mais encontrada é a hipofonia, que se traduz em uma diminuição do volume da voz, além da voz trêmula, chiado e estridor, que também são relatados. Existem dois tipos de obstrução das vias aéreas superiores na DP, uma é caracterizada como uma oscilação das cordas vocais e estruturas supra glóticas em uma frequência semelhante à do tremor de repouso das extremidades, o outro tipo é descrito

como uma mudança súbita no fluxo respiratório, o que ocasiona uma obstrução completa^{30,32}.

Parece haver uma relação entre a levodopa e obstrução de via aérea superior; alguns estudos apresentaram uma diferença de prevalência da obstrução que variavam de 6,7% a 67%, o que seria explicado pela administração ou não administração da levodopa, com a diminuição da obstrução nos casos em que foi administrada e com relatos de estridor e até mesmo insuficiência respiratória quando da suspensão do seu uso^{30,33,34}.

A prevalência de obstrução das vias aéreas superiores tem diminuído nos indivíduos com DP, podendo ser reflexo da eficácia do tratamento, em especial, do adequado manejo da levodopa. Uma outra razão para esta redução estaria conexa ao fato de estudos antigos que investigaram a disfunção respiratória na DP terem incluído fumantes ativos, ex fumantes, além de outros diagnósticos como doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)^{30,33,34}.

Tendo como seu principal sintoma a dispneia por esforço, o distúrbio respiratório restritivo está presente em 28% a 94% dos indivíduos com DP. Ainda que sua fisiopatologia não esteja completamente elucidada, acredita-se que mais de um fator contribua para o seu surgimento: a rigidez da caixa torácica, as alterações posturais (cifoescoliose) e a disfunção pleuropulmonar ocasionada pelo uso crônico da levodopa. Estudos eletromiográficos identificaram que os músculos da parede torácica apresentam uma alteração do ciclo respiratório, oscilando de 4 a 8 hertz, caracterizando uma espécie de tremor nessa musculatura, semelhante ao tremor de repouso nas extremidades, o que reduz a ventilação pulmonar e pode estar associado ao distúrbio restritivo da DP^{30,35,36}.

Parece haver uma correlação entre os sintomas motores e o distúrbio respiratório restritivo, que está ligado a quedas e congelamento. Alguns estudos sugerem uma correlação com a diminuição da extensão torácica e cervical, como também com a severidade e duração da doença³⁰.

Anormalidades no controle central da ventilação foram reportadas na DP; uma resposta anormal ao dióxido de carbono e também a hipóxia podem ser explicadas pelo envolvimento inicial das estruturas de controle central no tronco cerebral e células dopaminérgicas da medula, além do corpo carotídeo (estrutura que participa do controle a resposta hipóxia) ser altamente sensível a dopamina^{30,36,37}.

À medida que a DP avança, a degeneração das células dopaminérgicas aumenta, comprometendo ainda mais as estruturas dos núcleos da base, do mesencéfalo e da

medula espinhal. Assim, a tendência é que ocorra uma piora da função respiratória e ventilação, acarretando um aumento da percepção de dispneia. Já foram identificadas na medula de indivíduos com DP áreas responsáveis pelo controle da frequência e profundidade da respiração que sofrem com a diminuição do aporte dopaminérgico^{30,36,37}.

Os mecanismos de defesa das vias aéreas envolvem um conjunto de fatores que necessitam de coordenação motora em sua execução, o desenvolvimento de altas pressões nas vias aéreas a custos de uma rápida e potente inspiração acompanhada de força muscular expiratória suficiente para a expulsão do ar junto com muco, um corpo estranho ou quaisquer outros perigos iminentes para as vias aéreas, podem estar prejudicados na DP³⁸.

Com a DP, esse mecanismo de proteção das vias aéreas é comprometido, principalmente quando aliado a uma tosse ineficiente e com problemas de deglutição, como a disfagia. Nesse cenário, a pneumonia aspirativa surge como uma importante causa de morbimortalidade. A falta de coordenação motora característica da doença irá afetar de forma significativa o mecanismo da tosse, principalmente por gerar uma ativação ineficaz da musculatura inspiratória que precisa contrair rapidamente, a fim de gerar um volume e pressão satisfatórios, além de ocorrer uma força reduzida na musculatura expiratória necessária para gerar o fluxo máximo de ar na fase de expulsão da tosse³⁸.

Alguns parâmetros, como a pressão de expiração da boca, a atividade eletromiográfica da musculatura abdominal e a geração de fluxo máximo da tosse encontram-se alterados já em estágios leves da DP, o que traz à tona a questão da falta de sintomatologia respiratória nesses estágios. Muitas vezes a queixa de dispneia sem uma causa de disfunção respiratória evidente é relacionada à ansiedade ou depressão característica dos indivíduos com DP. Também deve ser levado em consideração o fato de que à medida que as manifestações motoras progridem, há uma redução proporcional da tolerância ao exercício, o que limita a manifestação de disfunções respiratórias^{30,38}.

Anteriormente tido como o distúrbio ventilatório mais comum na DP, alterações obstrutivas de vias aéreas inferiores, semelhantes à DPOC, tiveram sua prevalência diminuída ao longo do tempo, em parte por conta de uma melhor caracterização dos pacientes, do controle dos fatores de risco (como o tabagismo, por exemplo) e também por conta dos avanços no tratamento³⁸.

Apesar disso, alguns estudos ainda apontam a prevalência de distúrbio obstrutivo em relação ao restritivo, o que talvez se deva a características das populações incluídas nos estudos. Assim, em indivíduos com hábito tabágico anterior ou em estágios leves da doença nos quais inicialmente os valores dos testes de função pulmonar estariam indicando obstrução ou normalidade, com o agravamento da doença, haveria uma transformação de um distúrbio obstrutivo para um restritivo⁵⁻⁷.

A maioria dos estudos da DP foca em alterações em células neuronais dopaminérgicas ou em outras componentes do sistema nervoso central; no entanto, já foram descobertas alterações patológicas com o mesmo padrão em tecidos não neuronais e fora do sistema nervoso. Distúrbios no metabolismo energético, disfunção mitocondrial, espécies reativas de oxigênio, alterações na síntese e degradação de proteínas, reparação e morte celular, fazem parte desse padrão, e é razoável supor que os tecidos das vias aéreas de pessoas com a DP tenham um tipo específico de patogênese ligada a doença independente do sistema nervoso, ainda que não tenha sido iniciada uma investigação para confirmar essa hipótese³⁸.

Estudos em modelos animais de DP demonstraram que uma lesão induzida inicialmente nos tecidos do sistema nervoso central pode ter repercussões nos tecidos periféricos. Em um estudo recente que induziu uma lesão nas áreas responsáveis pelo controle da respiração, mas especificamente na porção ventral da medula, também foram induzidas alterações no tecido pulmonar, no qual foram encontrados depósitos de colágeno considerados anormais nos septos interalveolares, bem como o surgimento de rigidez na caixa torácica³⁹.

Em vários estudos realizados em modelos animais de DP, as lesões provocadas em sítios específicos de controle da respiração, como o complexo da área pré-Botzinger, núcleo retrotrapezóide, núcleo do trato solitário, núcleo da rafe e locus coeruleus, demonstraram uma correlação entre defeitos em vias centrais de geração e regulação da respiração, com alterações periféricas como a diminuição da resposta taquipneica a hipercapnia, e a diminuição da atividade do músculo diafragma em repouso³⁸.

Dentre os marcadores de doenças neurodegenerativas, os agregados citoplasmáticos de proteínas são os mais conhecidos, especificamente, na DP, os corpos de Lewy com depósitos de alfa-sinucleína. Investigações já apontaram a presença de alfa-sinucleína em tecidos fora do sistema nervoso, entre eles o trato gastrointestinal, tecidos endócrinos, como o tecido adiposo, os rins e os músculos. Apesar de ainda não

ter sido encontrada nos tecidos do sistema respiratório, eventos patogênicos em comum com os da neurodegeneração sugerem a presença desse marcador nesses tecidos^{38,40,41}.

Em um modelo animal de DP foram encontradas alterações na eletrofisiologia do músculo liso, juntamente com fraqueza muscular respiratória, sugerindo que não apenas a redução da ativação das fibras motoras esqueléticas atingidas pela neurodegeneração estaria envolvida, como também a presença da alfa-sinucleína nas junções neuromusculares dos músculos lisos, poderia estar relacionada a esse fenômeno, uma vez que sua alta expressão vem acompanhada da deposição de beta amiloide, seguida de um aumento do estresse oxidativo e inflamação local^{38,40,42}.

A descoberta de alterações locais nos tecidos do sistema respiratório, em paralelo à neurodegeneração em modelos animais, levou a comparações do processo de patogênese da neurodegeneração com a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Foram apontados como fatores similares o aumento das espécies reativas de oxigênio, alterações na morfologia do retículo endoplasmático, e a produção de mitocôndrias defeituosas^{38,43}.

O mecanismo preciso através do qual ocorre a disfunção respiratória na DP permanece incerto, apesar de vários terem sido propostos, desde modelos animais e investigações clínicas, sendo que o mais provável é que ocorra uma combinação deles. O que, sim, é certo, é o fato de as complicações respiratórias continuarem sendo uma das causas mais comuns de morbidade e mortalidade na DP. É necessário que se realizem mais investigações, por mais que os indivíduos com DP permaneçam em sua maioria assintomáticos em relação às disfunções respiratórias nos estágios iniciais e classificados como leves, a fim de se instituir um trabalho preventivo para evitar o agravamento dessas disfunções³⁸.

2.3 O TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO DA DOENÇA DE PARKINSON

Em relação ao tratamento clínico da DP, pode se citar entre outras opções a cirúrgica, que consiste na estimulação cerebral profunda, e a farmacológica, com a administração da levodopa e dos agonistas da dopamina. A levodopa é considerada a medicação padrão ouro para o tratamento da DP, uma vez que ela tem uma passagem facilitada na barreira hemato-encefálica, onde atua como um precursor da dopamina.

Outras medicações utilizadas agem pelo mesmo princípio, tentando aumentar a produção de dopamina, como os inibidores da monoaminoxidase-B, e amantadine⁴⁴.

Apesar de propiciar benefícios na melhora dos sintomas motores da DP, o tratamento com agonistas da dopamina, com o passar do tempo, tem sua ação diminuída, e são necessárias estratégias para atenuar a resistência aos medicamentos, que, não obstante sua ação terapêutica, não são capazes de impedir a progressão da doença. Recentemente surgiram novas opções de tratamento, como a estimulação cerebral profunda, os fatores neurotróficos e o transplante celular, porém são administrados via cirurgia, que é altamente invasiva, o que por si já acarreta riscos, além de possíveis sequelas^{44,45}.

Diante desse quadro, o exercício terapêutico tem ganhado cada vez mais campo como tratamento não farmacológico da DP, promovendo melhora dos sintomas motores e não motores, inclusive retardando a progressão da doença e promovendo qualidade de vida. Esses exercícios incluem treino de marcha e equilíbrio, condicionamento aeróbico, treino resistido com cargas (fortalecimento muscular), entre outras alternativas^{44,45}.

Quando se fala de exercício terapêutico, que vem a ser o recurso utilizado pela Fisioterapia no tratamento da DP, é necessário estabelecer alguns conceitos, como o seguinte: exercício terapêutico ou clínico é a aplicação de um corpo de conhecimentos técnicos visando a objetivos terapêuticos específicos através de respostas fisiológicas, metabólicas e estruturais a curto, médio e longo prazo, dentro do contexto do manejo de cada doença. Além disso, o exercício terapêutico também pode proporcionar um ganho de aptidão física, melhorar as condições cardio e cerebrovasculares, atenuar a manifestação da osteoporose e sarcopenia relacionada à idade e produzir um efeito anti-inflamatório geral^{44,45}.

Para alcançar um benefício ao se prescrever um exercício, o princípio da supercompensação deve ser levado em conta. Tal princípio sinaliza que, após a aplicação de um estresse controlado, uma resposta adaptativa deve ser gerada e seguida de uma esperada recuperação. Além desse, existem cinco princípios do treinamento que devem ser considerados ao se prescrever o exercício: a especificidade, a sobrecarga, a progressão, a variação e a reversibilidade⁴⁵.

A especificidade atrela-se à ideia de que os efeitos de um treinamento serão específicos para um determinado objetivo, e músculos envolvidos. A sobrecarga consiste no princípio de que o exercício deve gerar um estresse maior do que o habitual para se obter o efeito desejado, respeitando o princípio da supercompensação para evitar

o surgimento de lesões. A progressão remete à necessidade de adaptações nos níveis da sobrecarga, a fim de evitar a acomodação ao estímulo dado. A variação se refere à ideia de variar os estímulos, a fim de manter o exercício interessante e prazeroso para quem o pratica. Já a reversibilidade estabelece que uma vez que o treinamento cessa, seus efeitos são perdidos^{45,46}.

Segundo o colégio americano de medicina do esporte, *American college of Sports Medicine* (ACSM), de um modo geral, os exercícios podem ser classificados em treinos de endurance ou aeróbico (TA), de resistência, de flexibilidade, de equilíbrio e o multicomponente^{45,46}.

Um resultado terapêutico do exercício pode ser alcançado quando este é realizado no local, intensidade, frequência e duração apropriados, a fim de gerar o princípio da supercompensação, ou seja, um estresse controlado que leve a um aumento das demandas físicas, metabólicas e mecânicas nos tecidos e funções biológicas^{45,47}.

A prescrição do exercício terapêutico deve levar em conta diferentes condições, tais como: o perfil genético, o estilo de vida, o condicionamento físico no momento da prescrição, fatores ambientais, além das preferências individuais que irão influenciar a resposta ao exercício. Por conta disso, é necessário considerar todas as modalidades de exercício descritas ou até mesmo um multicomponente^{45,47}.

2.3.1 Treino aeróbico

O treino de endurance ou aeróbico é definido como um tipo de exercício que promove a movimentação de grandes grupos musculares de maneira rítmica por um período de tempo relativamente prolongado. Os seus efeitos benéficos incluem o aumento da saúde cardiovascular, que se traduz em uma frequência cardíaca FC, mais baixa em repouso ou em taxas de trabalho submáximas, a melhora do controle da pressão arterial (PA), uma melhora na entrega, extração e utilização do oxigênio nos músculos exercitados, a melhora da função endotelial, a diminuição do risco aterogênico, bem como a melhora do controle glicêmico e dislipidemia^{45,48}.

Além dos benefícios supramencionados, o treino aeróbico em idosos ou adultos com doenças crônicas leva a uma melhora da função cognitiva (diminuindo o risco de

demência), melhora o humor, combatendo a ansiedade e a depressão, atua na saúde óssea, também influenciando a autoestima, o autocontrole e a competência percebida. Em pessoas com DP, o TA promove a melhora do condicionamento físico, do controle e velocidade da marcha, do equilíbrio, da qualidade de vida e reduz o risco de quedas, benefícios esses que podem ser preservados por 2 a 6 meses após a cessação do programa de exercícios^{45,48,49}.

Nos últimos anos, uma série de estudos foi conduzida com o intuito de investigar os mecanismos por trás dos benefícios do exercício na DP, muitos dos quais em modelos animais de DP. De acordo com tais estudos, o TA exerce um efeito neurorestaurativo e neuroprotetor, regulando a ação de fatores neurotróficos que influenciam a formação de sinapses e a angiogênese, reduzem o estresse oxidativo e melhoram a função mitocondrial⁴⁴.

Em modelos de ratos com DP, o exercício simulado em esteira aumentou os níveis do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF, do inglês *Brain derived neurotrophic factor*) e do fator neurotrófico derivado da Glia (GDNF, do inglês *Glial derived neurotrophic factor*) no corpo estriado de ratos com DP, e ainda promoveu a supressão da agregação da alfa-sinonucleína, contribuindo para a redução da neurodegeneração. Outro efeito demonstrado do TA em modelos animais foi a inibição da formação dos corpos de Lewy e a preservação dos neurônios dopaminérgicos na via nigroestriatal⁴⁴.

Entre todas as modalidades de exercício, o TA é considerado uma das melhores opções, não apenas para fins terapêuticos, mas também como uma forma de atividade física para manutenção da saúde por toda a vida. Na DP, seus efeitos estão bem estabelecidos: traz benefícios como a melhora da capacidade aeróbica, da marcha, do equilíbrio, da mobilidade dos membros superiores, atenua a gravidade da doença, além de propiciar uma melhora da função cognitiva e qualidade de vida, reduzindo a depressão e ansiedade, como já apontado⁴⁴.

O treino em bicicleta estacionária é uma das modalidades mais utilizadas, uma vez que já demonstrou ser seguro e acessível, havendo estudos que já comprovaram seus efeitos, como um aumento na conectividade tálamo cortical, demonstrada através de imagens de ressonância magnética funcional, sugerindo um efeito em termos de neuroplasticidade, na melhora na capacidade de marcha (sendo, inclusive, uma opção para os indivíduos que apresentam congelamento de marcha), além de melhora na função cognitiva^{44,50,51}.

Uygun, Bellumor, Knight⁵¹ desenvolveram um estudo em bicicleta estacionária reclinada em cujo protocolo os participantes realizaram 12 sessões de 30 minutos por 6 semanas, sendo que nos primeiros e nos últimos 5 minutos os participantes pedalavam no ritmo de sua escolha, com a finalidade de aquecimento e desaquecimento; já após o aquecimento, eram instruídos a pedalar o mais rápido possível durante 15 segundos, sem incremento de resistência e voltar a um ritmo confortável nos próximos 45 segundos, ciclo que era repetido por 20 minutos⁵¹.

Foi relatada uma melhora em testes funcionais, como o teste de sentar-levantar (ou TUG, do inglês *time up go test*) e o teste de caminhada de 10 metros, que avaliam funções como agilidade, equilíbrio e o controle da marcha. Outros benefícios relatados foram uma maior velocidade da marcha, aumento no comprimento do passo e melhor equilíbrio dinâmico, além de melhora na seção de bradicinesia do questionário UPDRS-III, do inglês *Unified Parkinson Disease Rating Scale*⁵¹.

O treino em esteira também tem demonstrado sua efetividade, em especial pelo fato de oferecer um treino do ciclo completo da marcha em alta repetição. Seus benefícios incluem, além da melhora óbvia da marcha, um melhor equilíbrio postural, um efeito na neuroplasticidade, aumentando os receptores de dopamina, protegendo neurônios e regulando vias de sinalização celular, sendo que ainda tem sido relatado um benefício adicional para aqueles indivíduos com dificuldades em mudar de direção durante a marcha⁴⁴.

Uma modalidade de treino em esteira tem surgido como opção para aqueles indivíduos com instabilidade postural severa, hipotensão ortostática, ou com prejuízos importantes no equilíbrio: o treino em esteira com suporte de peso corporal, que em geral é bem tolerado, embora exija que pessoas com dor crônica e distúrbio de ansiedade sejam observadas com mais cuidado. Pelo fato de fornecer mais repetições com uma maior intensidade, esse tipo de treino demonstrou melhor efeito no desempenho motor, na capacidade da marcha e atividades da vida diária que os tratamentos convencionais^{44,52}.

Outra modalidade do treino em esteira é o treinamento de marcha assistida por robô; entre os seus benefícios, estão descritos a melhora no congelamento da marcha, rigidez, motivação, agilidade das pernas, velocidade média e comprimento do passo e passada. Contudo, ainda existem resultados contraditórios quanto à superioridade dessa modalidade de treino, quando comparado ao treinamento convencional em esteira⁴⁴.

Gaßner et al.⁵³ realizaram um interessante estudo com um treino denominado de treino de marcha em esteira com perturbações, com o intuito de trazer para o treino na esteira situações comuns da vida diária associadas a desafios para o equilíbrio, a estabilidade postural e o controle da marcha. Nesse estudo controlado e randomizado, os participantes foram divididos em dois grupos: o primeiro, realizando o treino em um protótipo de esteira que funcionava sobre uma plataforma reclinável, construído pelos próprios pesquisadores para reproduzir as perturbações na marcha; e um segundo, um grupo controle que realizou o treino numa esteira convencional, sendo que ambos treinaram na mesma intensidade e tempo⁵³.

Após oito semanas de intervenção e 3 meses de seguimento (*follow up*), o grupo que realizou o treino com perturbações demonstrou melhora significativa em relação ao grupo controle nas avaliações do UPDRS-III; no segmento de sintomas motores, houve uma redução de 38%, enquanto no grupo controle foi de 20%. Em uma outra escala, a PIGD (do inglês *Postural Instability and Gait Difficulty Control*), nos segmentos marcha e estabilidade postural foi demonstrada uma redução de 50% e 40%, respectivamente, enquanto no grupo controle foi de 22% e 33%, com um quadro de manutenção dos benefícios após 3 meses⁵³.

O mecanismo por trás desses resultados pode ser explicado pelo motivo desse ser um exercício que promove impulsos multissensoriais, aumentando a aferência motora, fortalecendo e aprimorando a via sináptica do circuito estriado-talâmico-cortical-motor, aumentando a densidade de receptores nos núcleos da base e promovendo a formação da coluna dendrítica. As adaptações neuronais às instabilidades posturais levam a um aprendizado motor que justifica a manutenção desses resultados ao longo do tempo⁵³.

2.3.2 Treino resistido

O treino resistido (TR) é definido como o exercício através do qual os músculos trabalham contra uma carga ou peso, visando a um incremento de parâmetros funcionais, como força, resistência ou potência. A carga de trabalho pode ser estabelecida usando o teste de 1 (uma) repetição máxima, 1RM, ou 3 (três) repetições máximas, 3RM. O TR é realizado através de exercícios dinâmicos que podem envolver

vários grupos musculares simultaneamente ou isolar determinado grupo de uma articulação funcionalmente mais relevante, executando contrações concêntricas e excêntricas⁴⁵.

Para se obter o máximo efeito do TR, alguns cuidados devem ser tomados, como atenção à correta técnica de execução por toda a amplitude de movimento, adotar a integração da correta respiração ao executar, geralmente expirar na fase concêntrica do movimento e inspirar na fase excêntrica, evitando-se a manobra de valsava, evitar o treino de contrações excêntricas unicamente, lembrar de treinar antagonistas para prevenir possíveis desequilíbrios, e o descanso necessário entre as sessões, que deve ser de 48 a 72 horas, para os grupos musculares treinados⁴⁵.

Os benefícios do treino resistido estão bem estabelecidos, entre os quais podem ser elencados os seguintes: melhora da densidade mineral óssea, aumento de massa magra (muscular), diminuição do percentual de gordura no organismo, um melhor perfil cardiometabólico, menor risco de perdas funcionais e menor mortalidade por todas as causas. Em indivíduos idosos ou com limitações, o mencionado treino está associado a uma diminuição no risco de quedas e fraturas, prevenindo a sarcopenia e a osteoporose, assim como a diminuição dos níveis de absorção de energia pelos tecidos moles⁴⁵.

Na DP, o treino resistido mostrou benefícios, como o aumento de força muscular e melhora da função motora e resistência; como terapia complementar, ajuda a melhorar a qualidade do sono, além de promover uma mudança positiva no perfil autonômico cardiovascular. Sempre integrado a outras estratégias na reabilitação, o TR é capaz de diminuir o risco de quedas e a instabilidade postural, a bradicinesia, melhorar o padrão da marcha e aumentar a qualidade de vida^{44,45}.

Os indivíduos com risco aumentado de quedas, como os com DP, deveriam focar em treinos de potência muscular, e não apenas na força; a potência pode estar mais relacionada ao desempenho funcional do que a força, além de apresentar um declínio maior em relação à idade. A cessação do TR leva rapidamente à perda dos seus benefícios; portanto, recomenda-se a manutenção de ao menos uma sessão por semana, de intensidade moderada a alta⁴⁵.

Em uma revisão feita por Ramazzina, Bernazzoli, Costantino⁵⁴ sobre o treino resistido na DP, a maioria dos estudos utilizou como resistência externa para membros inferiores o cicloergômetro, a água, aparelhos de musculação ou caneleiras, variando a porcentagem de 1RM utilizada de 30% a 40%, e de 70% a 80% como carga para o treinamento. Não obstante a heterogeneidade dos estudos, foi possível concluir que o

TR é bem tolerado em indivíduos com DP de leve a moderada, e que é capaz de melhorar os índices de qualidade de vida e a performance física⁵⁴.

Paul et al.⁵⁵ desenvolveram um estudo com o intuito de realizar um treino específico de potência muscular em membros inferiores de indivíduos com DP, mediante um seu ensaio clínico controlado e randomizado que contou com a participação de 18 indivíduos em cada um dos dois grupos, o experimental e o controle. O primeiro grupo (experimental) realizou o treino dos seguintes grupos musculares: extensores da perna, flexores do joelho, flexores e abdutores do quadril, em um aparelho de resistência pneumática, com a solicitação de realização de 3 séries de 8 repetições, da maneira mais rápida possível⁵⁵.

O grupo controle, por sua vez, realizou exercícios de baixa intensidade do tronco, flexores e extensores de perna, e abdutores de quadril, de forma independente, em suas próprias casas. Ambos os grupos treinaram 2 vezes por semana, por 12 semanas. Os resultados demonstraram que o grupo experimental obteve um ganho significativo de potência e força muscular em relação ao controle, nos grupos musculares treinados, além de reportarem uma melhora no equilíbrio e mobilidade e uma tendência à diminuição no número de quedas⁵⁵.

Em uma revisão sistemática com metanálise, Saltychev et al.⁵⁶ concluíram que apesar dos seus benefícios para a saúde, não há evidências robustas que mostrem a superioridade do TR em relação a outras modalidades de treinamento na DP, sendo que os autores afirmam haver uma evidência limitada da eficácia desse treino em comparação a outras técnicas, o que não apoia o seu uso de forma isolada na reabilitação de pessoas com DP. Tal constatação confirmaria a assunção de que a reabilitação na DP não deve ser conduzida apoiando-se em uma única técnica, mas sim, que o fisioterapeuta deve lançar mão de várias modalidades de reabilitação, visando sempre ao melhor tratamento possível⁵⁶.

2.3.3 Treino de Mobilidade

Os exercícios de flexibilidade ou mobilidade são definidos como exercícios que têm como objetivo conservar ou aumentar a amplitude de movimento (ADM) articular disponível. Eles são aplicados usando técnicas como o alongamento balístico, estático, dinâmico, e a facilitação neuromuscular proprioceptiva (PNF), que pode levar a ganhos maiores de ADM do que outras técnicas, com a especificidade de que necessita de uma segunda pessoa para aplicá-la. O tempo de duração da aplicação dos exercícios de mobilidade pode variar de 10 a 30 segundos, repetindo-se cada exercício de duas a quatro vezes, sendo que em pessoas idosas esse tempo pode ser aumentado para 30 a 60 segundos. Melhores ganhos são obtidos em função da frequência de execução desses exercícios⁴⁵.

Tal execução é recomendada nas principais unidades articulares, como, por exemplo, pescoço, cintura escapular, membros superiores, tórax, tronco, lombar, quadril, membros inferiores, segmentos anterior e posterior e tornozelos. Sempre que possível, esses exercícios deveriam ser feitos com a temperatura corporal um pouco elevada, após um treino aeróbico, um treino resistido, ou até com a utilização de fontes externas de calor, como toalhas quentes. Os ganhos de mobilidade articular são perdidos de 4 a 8 semanas após a interrupção da sua execução⁴⁵.

Os exercícios de mobilidade são uma parte componente da reabilitação da DP; associados às demais técnicas e intervenções, como o treinamento aeróbico e resistido, são capazes de promover ganhos de estabilidade e equilíbrio posturais e melhorar a marcha e força muscular, haja vista que uma articulação com a sua ADM disponível pode executar de forma mais eficaz os treinos de força. Não foram encontrados estudos que tenham analisado esse tipo de exercício isoladamente na população de pessoas com DP; algumas vezes são utilizados como intervenção do grupo controle em ensaios clínicos^{45,57}.

2.3.4 Treino de Equilíbrio

Os exercícios de equilíbrio são considerados como multicomponente e são definidos como atividades que visam a aumentar a força do corpo, sua capacidade de reação e reduzir a probabilidade de quedas. Esses exercícios são aplicados com a combinação de várias modalidades ou técnicas, como as já anteriormente descritas, o treino aeróbico, resistido, mobilidade, entre outros, cuja proposta é desafiar as variáveis

da disfunção no equilíbrio na DP, como a estabilidade dinâmica durante a marcha e outros movimentos, a reação de ajuste postural, a resposta postural antecipada e os limites de estabilidade. Alguns dos recursos que podem ser incluídos nesse tipo de treino atrelam-se ao uso da tecnologia, como, por exemplo, o *exergame*, a terapia motora cognitiva, os recursos aquáticos, e programas específicos de prevenção de quedas^{45,57}.

Em uma revisão sistemática, Mak et al.⁶⁸ assinalam que os treinos de equilíbrio são capazes de melhorar a velocidade da marcha, a função motora, o equilíbrio e a qualidade de vida, além de possibilitarem uma diminuição de 26% a 85% nas taxas de queda. As estratégias utilizadas identificadas variavam, como um sistema de dança computadorizada, estratégias de antecipação e reação postural, exercícios aquáticos, educação para prevenção de quedas, treino com pistas, exercícios combinados em ginásios ou ao ar livre, sendo que, para obtenção dos resultados acima descritos, foi apontada a necessidade de um mínimo de 8 semanas de treino supervisionado, com efeitos que podem perdurar por até 12 meses depois de encerrado o tratamento⁵⁷.

Quanto mais desafiadores forem os programas de treinamento de equilíbrio, melhores serão os seus resultados; os treinamentos precisam reduzir o tamanho da base de suporte da pessoa e testar o controle do seu centro de gravidade em situações de instabilidade. Um tipo específico de treino, denominado *HiBalance program*, tem sido estudado na DP. Trata-se de um treino progressivo altamente desafiador, que incorpora os subsistemas de ajuste de equilíbrio mais afetados na DP, que são os seguintes: limites de estabilidade, integração sensorial, ajustes posturais antecipatórios e agilidade motora, com princípios de aprendizado motor e dupla tarefa motora e cognitiva, como, por exemplo, caminhar fazendo uma contagem regressiva em voz alta^{44,57}.

Em um ensaio clínico controlado e randomizado, Conradsson et al.⁵⁸ dividiram uma amostra de 100 participantes com DP de leve a moderada em dois grupos: um que fez o treinamento do *HiBalance program* e um grupo controle que foi encorajado a manter sua rotina de exercícios em casa, sendo que foram avaliados o desempenho de equilíbrio, a velocidade da marcha normal e com dupla tarefa e a preocupação com quedas. Os autores descrevem uma melhora significativa do desempenho do equilíbrio e velocidade da marcha no grupo intervenção, mas não foram encontradas diferenças em relação à preocupação com quedas entre os grupos.⁵⁸

2.3.5 Exergame

Uma nova modalidade de treino tem surgido como alternativa para a reabilitação na DP: os *exergames*, que, basicamente, são jogos de videogame que induzem os sujeitos a se movimentar enquanto jogam. Eles exigem a integração de tarefas motoras e cognitivas e trabalham o corpo inteiro, desafiando a mobilidade, o equilíbrio, a estabilidade postural, além de exigirem força muscular e condicionamento aeróbico para a execução dos movimentos, ao mesmo tempo em que precisam solucionar os desafios mentais solicitados pelo jogo^{44,59-61}.

Os *exergames* aumentam a motivação, a participação e a eficácia dos exercícios quando incluídos em programas de reabilitação; seu sucesso pode ser explicado pela execução da dupla tarefa, que, ao exigir a capacidade motora e cognitiva ao mesmo tempo, simula atividades da vida cotidiana. Além disso, um componente de neuroplasticidade parece estar envolvido. Enquanto executa esses jogos, o indivíduo com DP é submetido a múltiplos estímulos auditivos e visuais, que funcionariam como pistas externas, compensando a falta de pistas internas do controle motor causado pela redução do aporte de dopamina^{44,59-61}.

Algumas das plataformas mais usadas para os *exergames* são o Nintendo Wii e o XBOX com Kinect, e os estudos realizados com ambos já demonstraram seus benefícios, como a melhora do equilíbrio estático e dinâmico, da mobilidade, melhor desempenho ao realizar transferências, o controle dos movimentos ao redor dos limites de estabilidade, além de uma melhor capacidade para a execução de tarefas funcionais, motoras e cognitivas, como memória, atenção e tomada de decisão. Por conta de não exigir uma plataforma elevada para sua aplicação, acessório requerido pelo programa Wii Fit da Nintendo, o XBOX Kinect parece proporcionar mais segurança^{44,59-61}.

O Wii Fit tem sido usado como uma ferramenta de reabilitação em populações de indivíduos com doenças neurológicas, como pós acidente vascular cerebral (AVC) e, mais recentemente, na população de pessoas com DP. Seu funcionamento baseia-se na captação dos movimentos do corpo sobre uma plataforma de equilíbrio para realização de ações específicas no jogo, mediante *feedback* visual e auditivo. Estudos apontam uma maior necessidade da informação visual para controle do equilíbrio na DP. Por ser uma tecnologia relativamente acessível e fácil de usar em domicílio, sem a necessidade de supervisão, o Wii Fit ganhou popularidade e foi objeto de pesquisas⁶¹.

Esculier et al.⁶¹ conduziram um estudo sobre a aplicação do Wii Fit em pessoas com DP e em indivíduos saudáveis, com um treino de duração de 6 semanas, no qual os

participantes praticavam os jogos por 40 minutos, 3 vezes por semana. Após a primeira sessão, na qual era realizada a instalação na casa do participante e feito o primeiro treino sob supervisão para avaliar critérios de segurança, os participantes continuavam as sessões sem supervisão, recebendo uma ligação telefônica semanal dos pesquisadores⁶¹.

Os participantes de ambos os grupos obtiveram melhora nos escores avaliados, sendo que o grupo de participantes com DP obteve uma melhora substancial, alcançando, inclusive, valores de mínima diferença clinicamente significativa (MDCS) em alguns testes, como, por exemplo, o teste de caminhada de 10 metros, em que os participantes obtiveram um incremento de 0.31m/s, enquanto a MDCS para esse teste é de 0.25m/s. O TUG teve uma redução média de 1,9 segundos no tempo necessário para completar o teste⁶¹.

Esculier et al.⁶¹ concluem que o programa de exercícios utilizando o Wii Fit pode ser realizado com segurança em casa e que é capaz de melhorar o equilíbrio estático e dinâmico, a mobilidade e promover a aquisição de habilidades funcionais em pessoas com DP. Esses autores atribuem seus resultados à atuação dos estímulos visuais, auditivos e proprioceptivos, que interagem, ativando vias motoras, oculomotoras, cerebelares e límbicas para manter a atenção, concentração e precisão para efetuar os movimentos exigidos pelo jogo. Ademais, levantam a hipótese da atuação do sistema de recompensa, visto que, durante a prática dos jogos, os participantes sentem-se motivados a pontuar e a superar a sua pontuação, o que ativaria a liberação de dopamina no núcleo estriado⁶¹.

Alguns autores apontam que o sistema do Wii traria algumas limitações para sua aplicação de uso terapêutico, como a necessidade do paciente em alguns jogos permanecer sobre a plataforma e o fato de tal plataforma não conseguir captar completamente o movimento corporal do usuário e a sua falta de precisão ao fazê-lo. O sensor Kinect, lançado posteriormente ao Wii, superou essas limitações, graças ao fato de ser equipado com uma câmera infravermelha que faz um mapa em 3 dimensões (3D), da área a sua frente e por conseguir captar o movimento do corpo inteiro em 3D, inclusive já tendo sido comprovada a sua capacidade de analisar de forma precisa e confiável a maioria das articulações humanas, o que o torna um bom instrumento na avaliação do controle postural⁶⁰.

Shih, Wang, Cheng, Yang⁶⁰ realizaram um ensaio clínico randomizado, controlado e cego sobre o uso do sensor Kinect em comparação a um treino tido como convencional na melhora do equilíbrio de pessoas com a DP nos estágios leve a

moderado. Após a análise dos resultados, os autores concluíram que o uso do *exergame* com sensor Kinect possibilitou uma melhora mais acentuada na estabilidade postural do que o treino convencional de equilíbrio, o que sustenta o seu uso terapêutico; contudo não foi obtida MDCS, para testes como o TUG e a BBS (do inglês *Berg Balance Score*), ou escala de equilíbrio de Berg, como é conhecida em português, que avalia o equilíbrio e o risco de queda em adultos e idosos⁶⁰.

Ribas et al.⁶² em um ensaio clínico controlado e randomizado utilizando o sistema Wii Fit, comparou sua efetividade com um treino convencional de equilíbrio em uma população com DP em estágio leve a moderado: seus participantes foram divididos em grupo *exergame* e controle, ambos os grupos realizaram sessões de 30 minutos de exercícios duas vezes por semana durante 12 semanas, sendo que foram avaliados desfechos como o equilíbrio funcional por meio da BBS, a capacidade funcional pelo teste de caminhada de 6 minutos (TC6), e fadiga, através da *Fatigue Severity Scale* versão brasileira (FSS-BR)⁶².

Nos seus resultados, os autores mostraram que após as 12 semanas de intervenção, o grupo que realizou *exergame* obteve uma melhora significativa no equilíbrio funcional e fadiga, em relação ao treino convencional, sem diferença na capacidade funcional nos dois grupos, porém esses resultados não foram sustentados após 60 dias de interrupção da intervenção. Na prática clínica, um dos desafios apontados é de adequar o nível de exigência motora e cognitiva dos jogos à capacidade de cada pessoa e o estágio da DP em que se encontra. Os autores salientam que, apesar de não ter havido efeitos adversos na aplicação do programa, caso a prática do *exergame* seja realizada em um ambiente doméstico, o risco de quedas deve ser sempre monitorado⁶².

Em um trabalho recente, Van Beek et al.⁶³ avaliaram a viabilidade de um programa de treinamento de destreza utilizando *exergame*. Os autores exploraram uma nova usabilidade dessas plataformas na reabilitação da DP, mas, uma vez que a maioria dos estudos já realizados foca em equilíbrio, marcha e taxa de quedas, eles focaram na capacidade motora fina das mãos, pela razão de essa ter um grande impacto nas atividades da vida diária, como o manuseio de *smartphones*, botões em roupas e a capacidade de dar laços em calçados, por exemplo. O sistema de *exergame* utilizado não foi nem o Wii nem o sensor Kinect, mas sim, o *Leap Motion Controller*, um sistema desenvolvido especificamente para captar os movimentos das mãos⁶³.

O procedimento de intervenção levou em consideração os principais componentes da destreza manual a independência e coordenação dos movimentos dos dedos, a capacidade de apontar e a flexão e extensão do punho. O programa de treinamento consistiu em 30 minutos de atividades com o *Leap Motion*, duas vezes por semana, por 8 semanas. Foram utilizadas escalas específicas para avaliar a aderência e motivação dos participantes, e os autores concluíram que o programa é viável, acessível e de fácil uso, podendo ser realizado, inclusive, em ambiente domiciliar⁶³.

Pachoulakis et al.⁶⁴ desenvolveram um sistema próprio de exercícios para a reabilitação da DP: utilizando o sensor Kinect com realidade aumentada, os participantes executavam os exercícios de frente para o sensor enquanto um programa realizava ajustes posturais e fornecia *feedback* em tempo real para a correta execução dos mesmos. Ao final de cada sequência de atividades, era fornecido um escore que poderia ser utilizado pelo fisioterapeuta para fazer os ajustes de dificuldade e objetivos para o tratamento e que também fornecia um *feedback* de desempenho ao usuário⁶⁴.

Souza et al.⁶⁵ realizaram um estudo com o intuito de avaliar o efeito do treinamento com o sensor Kinect na função cognitiva e qualidade de vida de sujeitos com DP. Os sintomas não motores exercem uma grande influência na qualidade de vida dos indivíduos com DP, com impactos significativos em suas relações sociais, levando muitas vezes ao isolamento. Dada a exigência da participação da função cognitiva nas atividades requeridas pelo uso dos *exergames*, seria esperado que após a sua aplicação se obtivesse uma melhora nessa função⁶⁵.

Foi realizada uma série de casos com 11 participantes, que realizaram 2 sessões de treino de 1 hora de duração com o Kinect, durante 7 semanas. A qualidade de vida foi avaliada pelo questionário da doença de Parkinson (PDQ-39), e a função cognitiva pela escala cognitiva de Montreal (MoCA); ao final da intervenção, os pacientes foram avaliados e somente o domínio de atividades de vida diária apresentou melhora no PDQ-39, sendo que a função cognitiva não se alterou. Os autores argumentaram que a falta de melhora na função cognitiva se deva à falta de sensibilidade e especificidade do instrumento utilizado (a MoCA) para as funções cognitivas específicas estimuladas pelos *exergames*⁶⁵.

Schaeffer et al.⁶⁶ implementaram um estudo com o objetivo de avaliar o impacto do treinamento com *exergames* no déficit de atenção e dupla tarefa de pessoas com DP. Como parte de um ensaio clínico controlado e randomizado maior, essa análise incluiu os indivíduos com DP que fizeram o *exergame* com controles saudáveis submetidos ao

mesmo treino. Os participantes realizaram 3 sessões semanais de 45 minutos, durante 6 semanas, em suas residências; o sistema utilizado foi sensor Kinect, e os participantes eram instruídos a registrar os treinos por meio de um diário de treinamento⁶⁶.

Entre as avaliações realizadas, foram incluídos testes como os que solicitavam ao participante que resolvesse equações matemáticas ou que escrevesse palavras enquanto caminhavam. Ao analisar os resultados, os autores concluíram que as pessoas com DP obtiveram melhora em todos os testes de dupla tarefa, evidenciando um ganho cognitivo e de atenção, além de uma melhora no comprimento da passada. Eles concluem que o *exergame* é uma técnica segura, fácil de ser aplicada e que é capaz de melhorar os déficits de atenção e motor-cognitivo em dupla tarefa na DP⁶⁶.

Em uma recente revisão sistemática (2019) realizada por Garcia-Agundez et al.⁶⁷ para avaliar as evidências sobre o uso do *exergame* na reabilitação da DP, foi por eles detectado um aumento substancial no número de publicações sobre o tema, em relação a revisões anteriores. Na análise final, foram incluídos 19 artigos, sendo 8 ensaios clínicos controlados e randomizados e 11 estudos pilotos. Entre outros achados, foi demonstrado que o *exergame* é uma terapia viável, segura e até mais efetiva do que os métodos tradicionais de reabilitação, além de ter a vantagem de poder ser aplicada em casa e com monitoramento remoto⁶⁷.

Algumas questões levantadas nessa revisão incluem qual sistema seria melhor na reabilitação da DP. O número de publicações com Wii é maior do que o Kinect, embora haja uma tendência para o aumento no uso deste último. Entre outros fatores apontados para essa tendência, está o fato de o Kinect não necessitar de uma plataforma onde os pacientes precisem se equilibrar, ou segurar acessórios durante a sua execução, como é requerido pelo Wii, o que permite a realização de movimentos mais naturais e fluidos. Outra vantagem apontada a favor do Kinect é a possibilidade de o sensor fazer análises de postura ou cinemática do movimento enquanto se faz o treino, além do monitoramento remoto da sessão de reabilitação⁶⁷.

A preferência do usuário quanto aos sistemas Wii ou Kinect ainda não foi investigada. Outra questão que merece investigação, segundo Garcia-Agundez et al.⁶⁷, seria a necessidade de estabelecer uma MDCS em relação aos *exergames*, em medidas padrão como o TUG, BBS e UPDRS-III, o que ajudaria a fornecer informações relevantes, como quais cenários e em quais dificuldades essas plataformas seriam mais eficazes; outras questões ainda permanecem em aberto, como qual sistema utilizar, em

que ambiente (se em casa ou no centro de reabilitação), além da criação de curvas de adaptação de dificuldade baseadas nas capacidades e limitações dos usuários⁶⁷.

Outra questão relevante que merece atenção é se seria necessário o desenvolvimento de jogos personalizados e adaptados às condições do usuário com DP, ou se os jogos comerciais seriam suficientes para essa demanda. Quanto a essa questão, os autores levantam a possibilidade da criação de um sistema de *exergame* próprio para a reabilitação da DP que permitisse uma experiência prazerosa, favorecendo, ao mesmo tempo, a captação de uma maior quantidade de dados clinicamente relevantes, além da inclusão de treinos de capacidade motora fina e controle da fala nos jogos⁶⁷.

2.3.6 Terapias alternativas

A terapia alternativa ou complementar mais comumente praticada por indivíduos com DP é a arte marcial tradicional de origem chinesa conhecida como Tai Chi. Sua prática envolve movimentos que exigem precisão e fluidez, que são feitos de forma lenta e envolvem padrões circulares, além de trabalhar o deslocamento do centro de massa corporal em movimentos que mudam o peso de um pé para outro, alternando o apoio em um ou nos dois pés, o que desafia os limites de estabilidade. Os estilos mais praticados em pessoas com DP são o Yang e o auto-integrado. Seus benefícios incluem melhoras no equilíbrio, estabilidade postural, comprimento da passada, marcha e força, além de fortalecer a saúde mental, melhorando o autocontrole, o humor e a qualidade de vida^{57,68}.

Liu et al.⁶⁹ realizaram uma revisão sistemática com meta-análise, com o objetivo de avaliar o efeito do Tai Chi no equilíbrio, mobilidade funcional e quedas em indivíduos com DP. Foram analisados 5 ensaios clínicos randomizados e controlados, contabilizando 355 participantes. Quando comparado a nenhuma intervenção ou a outro tipo de treinamento, como o treino resistido ou de caminhada, o Tai chi mostrou ser capaz de melhorar o equilíbrio e a mobilidade funcional, além de diminuir a incidência de quedas na população de pessoas com a DP. Seus benefícios estão relacionados ao tempo de aplicação e duração da intervenção: uma prática de aproximadamente 60 minutos, de 2 a 3 vezes por semana, por 12 semanas no mínimo, é capaz de promover melhoras na estabilidade postural. Serão necessários mais estudos futuros para

estabelecer protocolos de intervenção mais precisos a respeito do emprego do Tai Chi nos diferentes estágios da DP⁶⁹.

Outra intervenção tida como complementar na reabilitação da DP é a dança, cujo estilo mais praticado é o Tango Argentino, seguido da dança Irlandesa. A dança é definida como um movimento corporal sequencial ritmado pela música. Ao serem conduzidos por parceiros saudáveis no tango (o estilo mais estudado), os praticantes encontram pistas visuais de como executar um passo corretamente, além das pistas auditivas oferecidas pelo ritmo musical, o que facilita a iniciação, o controle e execução do movimento. A dança e, em especial, o tango, exigem que um determinado movimento seja começado e interrompido com frequência, além de pisar e girar, mudando-se de direção e de velocidade, o que impõe desafios ao equilíbrio, à estabilidade postural e aos limites de estabilidade^{57,68}.

Entre os seus benefícios, estão a melhora no equilíbrio, no controle postural, na estabilidade da marcha, no condicionamento aeróbico e uma redução no congelamento da marcha, além do fato de participantes de grupos de dança se sentirem mais motivados a manter essa atividade como um hábito de prática de exercício físico regular, pois pessoas que fizeram parte de estudos envolvendo o tema tiveram uma maior taxa de adesão e uma menor taxa de evasão e se sentiram estimuladas a continuar com o hábito da dança, o que pode explicar os bons resultados quando são realizados seguimentos (*follow up*) nessa população, incluindo melhores pontuações no UPDRS-III^{57,68}.

Tillmann et al.⁷⁰ analisaram a viabilidade de um protocolo de samba brasileiro em uma população de pessoas com a DP: em um ensaio clínico não randomizado, os participantes do grupo intervenção realizaram uma hora do protocolo de dança com samba, duas vezes por semana, durante 12 semanas; por sua vez, os participantes do grupo controle foram encorajados a manter sua rotina de atividade física e não iniciar uma nova atividade nesse período de 12 semanas em que participavam do estudo⁷⁰.

Foram avaliados escores do UPDRS-III, além da escala de equilíbrio de Berg (BBS) e o questionário para doença de Parkinson (PDQ-39), sendo que, após as 12 semanas de treinamento, o grupo intervenção apresentou melhora no escore global da UPDRS-III e nos segmentos de atividades diárias e exame motor, no segmento de mobilidade da PDQ-39 e no equilíbrio. Os autores concluem que o protocolo utilizado no estudo é seguro, viável e mostrou benefícios suficientes para apoiar o seu uso como

uma ferramenta na reabilitação da DP, além de sua prática ser prazerosa e trazer benefícios às relações sociais dos participantes⁷⁰.

Outra arte marcial oriental que tem sido praticada por pessoas com DP é o Qigong, que tem seus princípios baseados na medicina tradicional chinesa, e cuja prática envolve movimento e descanso com exercícios sustentados dos membros e do tronco, aliados à coordenação da respiração, guiados por imagens mentais. Suas posturas e movimentos têm por objetivo promover um fluxo energético através dos meridianos. Entre os seus benefícios na DP, estão a melhora no equilíbrio, estabilidade postural, desempenho funcional, qualidade de vida e qualidade do sono^{68,71}.

Uma revisão sistemática com meta-análise conduzida recentemente por Fidan et al.⁷², com o objetivo de avaliar os efeitos do Qigong e Tai chi na qualidade de vida de indivíduos com a DP, não encontrou evidência suficiente para apoiar os benefícios dessas práticas para a melhora da qualidade de vida na DP, muito em função da limitada quantidade de estudos encontrados e da sua heterogeneidade. Os autores consideram que, apesar do tamanho de efeito pequeno, essas intervenções podem trazer benefícios para a reabilitação da DP⁷².

Uma outra prática oriental utilizada na DP é o Yoga, que demanda movimentos e posturas aliados ao controle da respiração, capazes de promover alinhamento postural, agilidade, equilíbrio, condicionamento físico e bem-estar mental. Na DP, estudos indicam seu potencial benefício em reduzir o risco de quedas e o congelamento da marcha. Uma das variações do estilo Vyniasa yoga, denominada Power Yoga, é baseada em transições rápidas das posturas de forma mais vigorosa do que o convencional, sendo capaz de promover também condicionamento aeróbico, e tem sido estudada na DP, com efeitos que incluem redução na bradicinesia e rigidez, melhora na velocidade de movimento e ganho de força muscular⁶⁸.

Um ensaio clínico randomizado e controlado foi conduzido para investigar a prática de Yoga na DP, por Van Puymbroeck et al.⁷³: os participantes do grupo intervenção realizaram sessões de yoga 2 vezes por semana durante 8 semanas, enquanto o grupo controle fazia parte de uma lista de espera e não praticavam yoga durante as 8 semanas, sendo posteriormente convidados a iniciar a prática. Os participantes do grupo de yoga obtiveram uma melhora significativa no componente motor da UPDRS-III, chegando, inclusive, a alcançar MDCS nesse ponto. Os autores também relatam uma melhora no equilíbrio, marcha e congelamento da marcha,

concluindo que a yoga é capaz de reduzir o risco de quedas e promover ganhos funcionais em indivíduos com DP⁷³.

São muitas as possibilidades para a reabilitação de pessoas com DP, sem perder de vista os objetivos de promover qualidade de vida e funcionalidade, o que implica diretamente em ganhos na marcha, estabilidade postural, equilíbrio, congelamento da marcha, força muscular e manutenção de amplitude de movimento articular. Ao escolher determinada técnica ou tratamento, deve-se levar sempre em consideração a heterogeneidade de apresentação dos sintomas em cada estágio da DP, pois em um dado momento a pessoa pode ter limitações e capacidades que lhe permitam realizar determinada prática, ao passo que, em outro momento, já pode haver a necessidade de fazer adaptações ou mudar a técnica utilizada.

3 MATERIAL E METÓDOS

Este estudo se caracterizou como um Ensaio Clínico randomizado, unicego, realizado em um ambulatório público de atendimento a idosos. Os dados foram coletados entre o período de dezembro de 2015 a agosto de 2017. O desenho do estudo seguiu as recomendações do CONSORT. O presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde (ICS) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), através do parecer nº 1.016.971.

3.1 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população do estudo foi composta por indivíduos com o diagnóstico prévio de DP dado por médico neurologista, seguindo os critérios do Banco de Cérebros de Londres⁹. O tamanho da amostra foi estimado usando médias e desvios padrão do fluxo expiratório forçado no primeiro segundo (FEV1). Considerando que se trata de um ensaio clínico de superioridade, foi considerado um intervalo de confiança (2 lados) de 95%, uma potência de 80% e uma proporção do tamanho da amostra (grupo2 / grupo1) de 1, e uma diferença entre grupos (grupo1 – grupo2) de 0,4. Assim, foi estimada uma amostra de 63 participantes, dividida de forma aleatória em 3 grupos com 21 indivíduos⁷⁴.

3.2 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Os critérios de inclusão considerados para a participação do estudo foram: diagnóstico de DP, estar em uso regular da medicação para a DP e em período “on”, ter idade igual ou superior a 60 anos, apresentar estágio 2, 2,5 ou 3 (segundo a Classificação de Hoehn e Yahr modificada)⁷⁵, ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Para não inclusão no estudo foram levados em consideração os seguintes critérios: ter sido diagnosticado com enfermidades neurodegenerativas, excluindo-se a DP, demências, afecções osteomioarticulares que inviabilizassem a prática de atividade física, enfermidades crônicas sem controle (diabetes mellitus, hipertensão ou dor crônica), doenças cardiovasculares não controladas (insuficiência cardíaca aguda, infarto de miocárdio recente, angina instável e arritmias não controladas), outras doenças do aparelho respiratório, como Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), asma grave sem controle, fibrose cística, fibrose pulmonar idiopática, uso de álcool e outras substâncias tóxicas, contraindicações para a prática de exercício físico segundo as recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM), praticar ou ter praticado programa de exercício físico nos últimos 6 meses; ou se participa ou participou de treinamentos regulares de resistência (por exemplo, 2-3 vezes por semana) nos 12 meses anteriores^{75,76}.

3.3 RANDOMIZAÇÃO

A aleatorização dos participantes foi realizada por um pesquisador independente por meio do *True Random Number Service* (www.random.org). Foi gerada uma sequência de 3 números diferentes, cada número gerado foi salvo e colocado em um envelope vermelho opaco, selado e individual. Um outro pesquisador convidou os participantes por telefone para a primeira avaliação; aqueles que cumpriram os critérios de inclusão foram admitidos, sendo então abertos os envelopes sequencialmente, para determinar a alocação em cada grupo.

3.4 PROCEDIMENTOS DE INTERVENÇÃO

Um total de 79 participantes com DP foram randomizados nos três diferentes grupos de intervenção. Dezoito participantes finalizaram o protocolo do grupo que realizou treinamento funcional (GF), 20 participantes concluíram o grupo que realizou o

treinamento em bicicleta estacionária (GB) e 20 indivíduos terminaram os exercícios do grupo *exergame* (GE).

As sessões realizadas no GF, GB e GE tiveram uma duração de 8 semanas, com uma frequência de 3 sessões de 50 minutos por semana. Cada sessão, em todos os grupos, foi composta por: 10 minutos de alongamentos, 5 minutos de exercícios calistênicos, 30 minutos de intervenção e 5 minutos de exercícios respiratórios (expansão costal e respiração diafragmática) para desaquecimento^{8,76,77}.

Um fisioterapeuta realizou o tratamento com o *exergame* e outro o treino funcional e em bicicleta estacionária durante as 24 sessões. Os fisioterapeutas eram profissionais capacitados, experientes e treinados previamente para realizar a intervenção pela qual eram responsáveis.

Durante a realização das sessões, os fisioterapeutas davam estímulos verbais, encorajando os participantes a manterem a intensidade adequada, além de realizarem ajustes posturais, para correta realização dos exercícios nos três grupos de intervenção.

Os participantes foram monitorados quanto a frequência cardíaca (FC), saturação periférica de oxigênio (SpO₂) e escala de Borg, enquanto realizavam as sessões de treinamento. Além disso, foi vigiado o surgimento de sinais como palidez, cianose e diaforese súbita. Os participantes também foram instruídos a informar aos pesquisadores qualquer sintoma como lipotimia, dispneia, dor e palpitações. Caso o participante viesse a apresentar alteração na $FC \geq 40$ bpm e na pressão arterial sistólica (PAS) ≥ 20 mmHg, com relação ao basal, relato de Borg ≥ 17 ou SpO₂ $< 90\%$, a sessão era interrompida.

3.5 GRUPO TREINAMENTO FUNCIONAL

Este grupo realizou exercícios através de um circuito constituído por 10 exercícios com duração de 3 minutos cada, totalizando 30 minutos de treino. Entre as atividades funcionais realizadas no treino, encontram-se: 1) marcha com obstáculos, 2) subir e descer escada e rampa, 3) levantar e sentar, 4) marcha de lado, 5) exercício de equilíbrio em plataforma proprioceptiva, 6) atividades com bola, 7) exercício de descer e subir estepes, 8) Exercícios de ponta de pé, 9) Exercícios de alcance, 10) marcha com caneleiras. A fim de manter a evolução da intensidade dos exercícios citados, foram

realizadas alterações, tais como variações progressivas na resistência, através de halteres, caneleiras e bandas elásticas, tendo como objetivo atingir uma percepção de cansaço individual correspondente a 15 pontos da escala de Borg⁷⁸⁻⁸⁰.

3.6 GRUPO BICICLETA ESTACIONÁRIA

Os indivíduos deste grupo foram submetidos a um treino aeróbico em bicicleta estacionária por um total de 30 minutos. A intensidade dos treinos, no início do programa, foi de 50% da FC de treino e alcançava 75% na oitava semana. Na primeira semana, os pacientes realizaram o treino com 50% da FC de treino; na segunda e terceira semanas, com 55%; na quarta e quinta semanas, com 65%; na sexta e sétima semanas, com 70%; e na oitava semana, com 75%. A FC de treino foi calculada através da equação: $(FC_{\text{máxima}} - FC_{\text{repouso}}) \times \text{intensidade} + FC_{\text{repouso}}$. A $FC_{\text{máxima}}$ foi estimada pela equação $(220 - \text{idade})$ e a FC_{repouso} foi aferida após 10 minutos de descanso em sedestração⁸¹.

Também foi utilizada a percepção de cansaço individual, ou seja, o participante teria que alcançar 15 pontos na escala de Borg durante todo o treino.

3.7 GRUPO EXERGAME

Neste grupo os participantes foram submetidos a 30 minutos de exercícios com jogos do videogame *Xbox360* com sensor *Kinect™*. O jogo utilizado nas sessões foi o *Kinect Adventures*. Esses jogos exigem o movimento do corpo inteiro integrado com os estímulos visuais, auditivos e tarefas cognitivas propostas como uma espécie de desafios em blocos de minijogos com duração de 3 minutos.

Foram 3 os minijogos utilizados: em “corredeiras”, o avatar do jogador fica em uma jangada no percurso de um rio, que é controlada por movimentos de pisar à direita ou à esquerda para mudar de direção, além de saltar para evitar obstáculos, e capturar

moedas do jogo ao longo do percurso. Em “vazamentos”, o avatar do jogador é colocado em um cubo embaixo d’água, posicionando seus membros e a cabeça para evitar rachaduras que são causadas por peixes caranguejos e “chefes”, como tubarões; de acordo com a dificuldade, até cinco vazamentos podem surgir para serem tapados e para que se possam ganhar moedas do jogo. Já em “cume dos reflexos”, o avatar do jogador é colocado numa espécie de carrinho de madeira que se desloca sobre trilhos enquanto agacha, salta e se esquivava de obstáculos e captura moedas do jogo ao longo do percurso.

Mais de um jogo foi utilizado por sessão, e a fim de manter a intensidade do exercício, o grau de dificuldade do jogo foi alterado tendo como alvo uma percepção de cansaço individual correspondente a 15 pontos da escala de Borg.

3.8 PROCEDIMENTOS DE COLETA

Foram coletados os dados das seguintes medidas: o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), a capacidade vital forçada (CVF), o pico de fluxo expiratório (PFE), a pressão inspiratória máxima (Pimáx) e a pressão expiratória máxima (Pemáx). Para a realização dessas medidas, foram atendidas as recomendações da American Thoracic Society e da European Respiratory Society, levando-se em consideração os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade, assim como também as recomendações da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia⁸².

As medidas de FR (CVF, VEF1 e o PFE) foram realizadas com o espirômetro, *Datospir Micro*® (Sibelmed, Barcelona, Espanha). Para a realização das medidas de força muscular respiratória (Pimáx e Pemáx), foi utilizado um manovacuômetro analógico (Murenas, Juiz de Fora, MG, Brasil) com a variação de -120cmH₂O a +120cmH₂O, ambos devidamente testados e calibrados.

Para o procedimento de avaliação da espirometria, eram realizadas 3 manobras, considerando-se o melhor valor obtido entre as três, sendo realizadas no máximo 8 tentativas. Assim, se o paciente não conseguisse realizar o procedimento tanto na primeira avaliação ou na avaliação após as 8 semanas, ele não era incluído na análise final. Para a avaliação da força muscular respiratória (Pimáx e Pemáx), eram realizadas 3 manobras, considerando-se o melhor valor obtido entre as três, sendo realizadas no

máximo 5 tentativas. Se o paciente não conseguisse realizar esse procedimento tanto na primeira avaliação ou na avaliação após as 8 semanas, ele era excluído da análise final.

Os detalhes técnicos para a realização desses procedimentos estão disponíveis no Anexo 1.

Os participantes foram avaliados quanto aos dados de FR na admissão, antes de iniciarem o protocolo de intervenção e após as 8 semanas (24 sessões), ou seja, logo após finalizar o protocolo. As avaliações foram realizadas sempre por um único pesquisador cego, que não tinha qualquer informação a respeito de qual grupo de intervenção — (GF), (GB) ou (GE) — os pacientes avaliados estavam alocados.

O desfecho primário desse estudo foi o (VEF1), e os desfechos secundários foram as demais variáveis espirométricas, (CVF), (PFE) e a força muscular respiratória (Pimáx) e (Pemáx). Existem valores preditos para indivíduos sem a DP, considerando-se peso, altura e idade. A avaliação da FR é um procedimento pouco frequente na população de pessoas com a DP, e ainda não foram estabelecidos critérios a título de mínima diferença clinicamente significativa (MDCS) para os parâmetros analisados (CVF, VEF1, PEF, Pimáx e Pemáx) na DP.

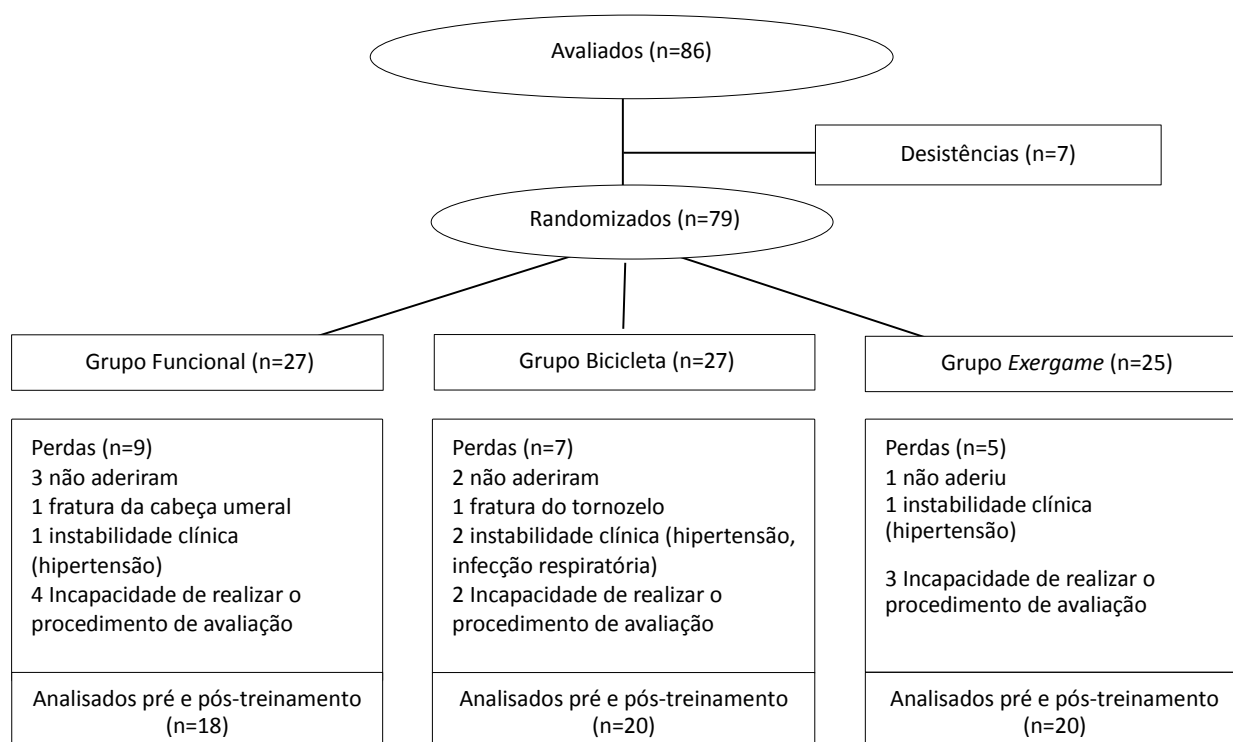
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a distribuição das variáveis estudadas. Foram calculadas a mediana e o intervalo interquartil como medidas de tendência central e dispersão para as variáveis quantitativas e as frequências absoluta e relativa para as qualitativas coletadas. Ao realizar os procedimentos para a escolha do teste estatístico adequado à comparação ou correlação, optou-se por utilizar o teste Wilcoxon para comparar as variáveis dependentes (intragrupo) e o teste ANOVA para variáveis independentes (intergrupo). O teste qui-quadrado foi utilizado para comparar as variáveis categóricas entre os grupos.

4 RESULTADOS

Oitenta e seis idosos foram selecionados para participar do estudo. Sete candidatos recusaram e setenta e nove concordaram em participar voluntariamente. Um total de 58 participantes finalizaram os protocolos de intervenção (Figura 1).

Figura 1- Diagrama do fluxo dos participantes de um ensaio clínico randomizado com três diferentes grupos de intervenção (Treinamento funcional, Bicicleta estacionária e *Exergame*). Salvador, Bahia, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017.



Fonte: Elaboração própria.

Os três grupos se apresentaram com características demográficas e clínicas semelhantes, conforme demonstrado na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1- Características demográficas, clínicas e dados de FR antes das intervenções, dos idosos com DP. Salvador, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017.

Variáveis	GF (n=18)	GB (n=20)	GE (n=20)	p
	Média (DP) Mediana (IQR)*	Média (DP) Mediana (IQR)*	Média (DP) Mediana (IQR)*	
Sexo ¹ (feminino)	14 (4)	12 (8)	10 (10)	0,206
Idade (anos)	70,56 (04,61)	68,00 (05,41)	67,30 (03,09)	0,074
Escolaridade (anos)	08,72 (03,69)	09,20 (03,51)	07,65 (03,68)	0,392
IMC (Kg/m ²)	26,53 (03,84)	23,89 (04,20)	26,61 (05,82)	0,131
UPDRS	27,06 (12,27)	28,65 (12,86)	32,30 (15,48)	0,479
Tempo de doença	06,22 (04,98)	06,65 (03,66)	05,75 (03,68)	0,789
Hoehn and Yahr	02,61 (00,36)	02,50 (00,39)	02,42 (00,33)	0,302
CVF*	3,65 (3,00-3,95)	3,91 (2,63-4,32)	3,25 (2,56-3,95)	0,244
VEF1*	2,80 (2,26-3,02)	3,08 (2,08-3,32)	2,55 (2,07-3,10)	0,282
PFE*	2,54 (2,19-4,36)	3,37 (2,28-4,65)	2,80 (3,01-3,31)	0,236
Pimáx*	-56,0 (76,2-47,0)	-66,0 (80,0-50,0)	-58,0 (77,5-42,5)	0,343
Pemáx*	69,0 (46,5-75,5)	60,0 (53,0-77,5)	67,5 (50,5-91,5)	0,810

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: n: número de participantes; DP: desvio padrão; mediana e intervalo interquartil (IQR) para os valores de FR; GF: grupo funcional; GB: grupo bicicleta; GE: grupo *exergame*; IMC: índice de massa corporal; UPDRS: Escala Unificada de Avaliação da doença de Parkinson. ¹valores absolutos em relação ao gênero dos participantes masculino (feminino); *CVF: capacidade vital forçada (L); *VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo (L); *PFE: pico de fluxo expiratório (L/s); *Pimáx: pressão inspiratória máxima (-cmH₂O); *Pemáx: pressão expiratória máxima (cmH₂O).

Nenhum dos grupos apresentou diferença significativa entre os valores antes e depois da intervenção para as seguintes variáveis: CVF, VEF1 e o PFE (Tabela 2). O GB melhorou significativamente a Pemáx (p=0,03) e o GE melhorou significativamente a Pimáx (p=0,01), conforme descrito na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2- Diferença da função respiratória antes e após intervenção por grupo. Salvador, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017.

Variáveis	GF (n= 18)		p	GB (n=20)		p	GE (n=20)		p
	Mediana Inicial	(IQR)		Mediana (IQR) Inicial	Mediana (IQR) Final		Mediana (IQR) Inicial	Mediana (IQR) Final	
CVF	3,65 (3,00-3,95)		0,77	3,91(2,63-4,32)		0,40	3,25 (2,56-3,95)		0,52
	3,73 (3,00-3,93)			4,01(2,68-4,18)			3,30 (2,58-4,00)		
VEF1	2,80 (2,26-3,02)		0,98	3,08 (2,08-3,32)		0,26	2,55 (2,07-3,10)		0,43
	2,81 (2,23-3,03)			3,06 (2,07-3,21)			2,50 (2,07-3,08)		
PFE	2,54 (2,19-4,36)		0,74	3,37 (2,28-4,65)		0,38	2,80 (3,01-3,31)		0,44
	2,69 (2,22-3,64)			3,20 (2,14-4,67)			2,59 (1,92-4,58)		
Pimáx	-56,0 (76,2-47,0)		0,30	-66,0 (80,0-50,0)		0,20	-58,0 (77,5-42,5)		0,01
	-64,0 (90,5-47,5)			-75,0 (90,0-51,5)			-70,0 (74,5-60,0)		
Pemáx	69,0 (46,5-75,5)		0,08	60,0 (53,0-77,5)		0,03	67,5 (50,5-91,5)		0,84
	75,0 (49,0-92,5)			80,0 (60,0-80,0)			67,5 (50,0-90,0)		

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: n: número de participantes; GF: grupo funcional; GB: grupo bicicleta; GE: grupo *exergame*; IQR: intervalo interquartil; CVF: capacidade vital forçada (L); VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo (L); PFE: pico de fluxo expiratório(L/s); Pimáx: pressão inspiratória máxima (-cmH₂O); Pemáx: pressão expiratória máxima (cmH₂O).

Na Tabela 3 estão expostos os valores médios de cada grupo antes e após as intervenções, em porcentagens com relação aos valores previstos para indivíduos sem a DP, mas com idade, altura e peso correspondentes nas fórmulas de predição. Assim, para a espirometria, o aparelho utilizado se baseava no estudo de Duarte, Pereira, Rodrigues⁸⁶, para as variáveis CVF, VEF1 e PFE; já os valores preditos para a Pimáx e Pemáx, basearam-se nas equações de Neder, Andreoni, Lerario, Nery⁸⁵. Com exceção da CVF, todos os outros parâmetros de FR analisados se encontram abaixo do esperado, porém a Pimáx e a Pemáx melhoraram nos três grupos de intervenção. O GE foi o único grupo que melhorou a porcentagem com relação à prevista do PFE.

Tabela 3- Porcentagem dos valores previstos de função respiratória antes e após intervenção por grupo. Salvador, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017.

Variáveis	GF (n=18)			GB (n=20)			GE (n=20)		
	% prevista pré	% prevista pós	p	% prevista pré	% prevista pós	p	% prevista pré	% prevista pós	p
CVF	106,0	122,5	0,06	108,6	125,2	0,07	117,1	120,5	0,64
VEF1	81,7	81,4	0,96	84,4	88,9	0,34	85,6	85,9	0,94
PFE	37,4	36,7	0,83	39,9	38,5	0,67	36,1	42,4	0,10
Pimáx	67,4	75,5	0,30	75,3	81,4	0,31	67,5	80,5	0,01
Pemáx	66,0	76,2	0,05	68,8	83,0	0,04	78,7	78,9	0,97

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: CVF: capacidade vital forçada; VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo; PFE: pico de fluxo expiratório; Pimáx: pressão inspiratória máxima; Pemáx: pressão expiratória máxima. Os valores estão expressos em porcentagem do previsto (%).

A comparação entre os grupos mostrou não haver diferença entre eles, conforme apresentado na Tabela 4:

Tabela 4- Diferença entre os grupos. Salvador, Brasil, dezembro de 2015 a agosto de 2017.

Variáveis	GF (n=18)	GB (n=20)	GE (n=20)	P
	Mediana (IQR)	Mediana (IQR)	Mediana (IQR)	
CVF	-0,00 (-0,06-0,07)	-0,02 (-0,18-0,10)	0,00 (-0,05-0,06)	0,50
VEF1	-0,00 (-0,05-0,04)	-0,01 (-0,13-0,03)	-0,01 (-0,11-0,03)	0,67
PFE	-0,06 (0,90-0,60)	0,28 (-1,15-0,58)	0,05 (-0,55-0,88)	0,54
Pimáx	-9,00 (-24,0-12,5)	-10,0 (-19,5-8,50)	-10,0 (-20,0-01,0)	0,82
Pemáx	7,00 (-0,04-31,0)	5,00 (0,00-19,0)	-2,00 (-15,75-12,25)	0,28

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: n: número de participantes; GF: grupo funcional; GB: grupo bicicleta; GE: grupo *exergame*; IR: intervalo interquartil; CVF: capacidade vital forçada (L); VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo (L); PFE: pico de fluxo expiratório(L/s); Pimáx: pressão inspiratória máxima (-cmH₂O); Pemáx: pressão expiratória máxima (cmH₂O).

5 DISCUSSÃO

Os achados sugerem que os três diferentes protocolos de intervenção fisioterapêutica, aplicados neste estudo, impactaram de forma discreta na FR de idosos com DP em estágio leve e moderado. Apesar de não terem sido observadas alterações nas medidas de CVF, VEF1 e PFE, vale a pena ressaltar que o GB e o GE melhoraram significativamente a Pemáx e a Pimáx, respectivamente.

Embora tenham sido investigadas três diferentes intervenções fisioterapêuticas, já usadas na prática clínica, esse resultado era esperado, pois não foram realizadas intervenções específicas que visassem à melhora da FR. Esse fato sugere que os protocolos de tratamento fisioterapêutico utilizados não contemplam a FR, tão fundamental, visto que complicações respiratórias (dentre elas, a pneumonia aspirativa) estão entre as principais causas de morbidade e mortalidade nessa população¹.

Indivíduos com DP apresentam déficit na FR desde estágios iniciais da doença. Owolabi, Nagoda, Babashani⁷ em um estudo que comparou a FR de idosos com DP com controles da mesma idade, mostraram um déficit importante na FR de indivíduos com DP⁷. É importante ressaltar que esse déficit era proporcional à gravidade do quadro clínico, ou seja, quanto maior o estágio na classificação de Hoehn e Yahr, mais deteriorada se encontrava a FR⁷. No estudo atual, que incluiu indivíduos em estágio leve a moderado da DP de acordo com a classificação de Hoehn e Yahr, também foi encontrada uma FR abaixo da esperada. Esses resultados sugerem que a avaliação e o tratamento das disfunções respiratórias sejam incluídos de forma rotineira na abordagem terapêutica de indivíduos com DP.

É possível que seja necessário realizar um treino específico da musculatura respiratória, para que efeitos terapêuticos sobre a FR sejam alcançados. Inzelberg et al.⁷⁴ conduziram um estudo no qual foi realizado um treinamento específico da musculatura inspiratória de indivíduos com DP⁷⁴. Embora não tenham encontrado alterações significativas nos parâmetros espirométricos, houve um aumento da força muscular inspiratória e uma diminuição da percepção da dispneia em relação aos controles⁷⁴. O autor declara ainda que seu estudo foi o primeiro a relatar com êxito o treinamento específico da musculatura inspiratória na DP, o que demonstra que essa modalidade de exercício é viável e responsiva, sugerindo sua importância no tratamento da DP.

Os protocolos de exercícios investigados e utilizados no processo de reabilitação de indivíduos com DP não contemplam o treino de força da musculatura respiratória. Duas recentes revisões sistemáticas conduzidas por Mak, Wong-Yu⁶⁸ e Feng et al.⁴⁴ sobre exercícios terapêuticos aplicados em indivíduos com DP, não citaram nenhum tipo de treinamento específico para a FR. Na maioria das vezes, são relatadas atividades que focam nos sintomas motores, como treino de força muscular periférica, aeróbico, marcha, equilíbrio postural e até tratamentos alternativos, como dança, yoga, Tai Chi, entre outros^{44,69}. É importante ressaltar que, além de não serem incluídas intervenções que visem à melhora da FR, os estudos não avaliam o impacto dos seus tratamentos sobre a mesma.

Segundo os critérios propostos por Bessa, Lopes, Rufino⁸⁷, os indivíduos que apresentam Pimáx abaixo de 70% do esperado teriam um risco aumentado de desenvolver falência respiratória⁸⁷. No presente estudo, os participantes dos grupos (GF) e (GE), antes das intervenções apresentavam Pimáx de 67,4% e 67,5%, respectivamente, em relação ao previsto, e, portanto, possuíam risco aumentado de falência respiratória. Porém, ao final das intervenções, os mesmos possuíam os valores de 75,5% e de 80,5%, em relação ao previsto, respectivamente, o que sugere uma melhora clínica para os participantes desses grupos, pois ambos deixam de apresentar um risco aumentado de desenvolver falência respiratória.

A Pemáx é uma variável importante para a FR, principalmente no que diz respeito à função da tosse, pois quando se encontra abaixo de 60cmH₂O seria preditora de tosse ineficaz⁸⁷. Os integrantes do GB, antes da intervenção, possuíam valores médios de Pemáx de 60,0 (53,0-77,5) cmH₂O, indicando que se encontravam bem próximos ao limite do valor preditivo para tosse ineficaz. Porém, após a intervenção, o GB alcançou o valor de 80,0 (60,0-80,0) cmH₂O. Já os demais grupos, o GF (pré 69,0 (46,5-75,5) cmH₂O e pós 75,0 (49,0-92,5) cmH₂O) e o GE (pré 67,5 (50,5-91,5) cmH₂O e pós 67,5 (50,0-90,0) cmH₂O), apesar da mediana se apresentar acima de 60cmH₂O, os valores do IQR demonstram que havia indivíduos abaixo desse valor. Dessa forma, existiam participantes com risco aumentado para tosse ineficaz nos grupos GF e GE mesmo após o término das intervenções.

Esses resultados demonstram que os participantes do estudo, ainda que estivessem com a DP em sua forma leve a moderada, já possuíam algum risco para falência respiratória e tosse ineficaz, ainda que muitos não tivessem queixas respiratórias importantes. Além disso, nem todas as intervenções propostas melhoraram a Pemáx, o

que reforça a necessidade de, na prática clínica fisioterapêutica, serem incorporadas ações de caráter preventivo, como a avaliação da FR e a promoção de ações para implementar a sua melhora.

Exercícios terapêuticos, com foco na função motora de indivíduos com DP, podem apresentar repercussões positivas sobre a força da musculatura respiratória. Vale a pena ressaltar que, ao melhorar a força dos músculos expiratórios, incrementa-se também a eficácia da tosse em indivíduos com DP⁴.

Em um estudo conduzido por Alves et al.⁸⁸, pacientes com DP em estágio leve a moderado foram submetidos a um treino de Força ou resistido, composto por exercícios que trabalharam os principais grupos musculares dos membros superiores e inferiores e que eram requisitados nas atividades funcionais básicas. Após 32 sessões de treinamento, o autor relatou uma melhora da Pimáx e da Pemáx dos participantes do grupo intervenção em relação aos controles, o que ele atribui ao fato de os músculos respiratórios serem requisitados durante o treino de força para promover estabilização por meio de contrações isométricas e manter a postura corporal adequada⁸⁸.

O treinamento resistido ou de força específico com um aumento de carga proporcional não foi feito nesse estudo, porém o mecanismo por trás do aumento da força dos músculos respiratórios, proposto pelo autor supramencionado, pode também se aplicar à melhora observada no presente estudo.

O grupo do estudo atual, que treinou na bicicleta estacionária, melhorou significativamente a força muscular expiratória de idosos com DP. De fato, os benefícios do treino aeróbico já estão bem estabelecidos na DP, e entre eles podem ser citados a melhora da marcha, do equilíbrio postural, da mobilidade, do condicionamento físico global e de sintomas de depressão e ansiedade⁴⁴. O treino em bicicleta estacionária é seguro e eficaz para indivíduos com DP e, inclusive, proporciona resultados que vão além da função motora, como melhorar a conectividade cerebral^{50,51}.

Não obstante, ainda que muito estudado, não foram encontrados estudos que tivessem investigado os efeitos do treino aeróbico sobre a Pemáx nessa população. Uma possível hipótese que poderia explicar o resultado positivo sobre a força muscular expiratória, encontrado nesse estudo, é o aumento na produção de gás carbônico, como subproduto do metabolismo aeróbico motivado pelo exercício. Essa situação acaba exigindo uma maior eficácia do sistema respiratório para a remoção do gás carbônico. Esse ganho de força pode ser devido a um maior recrutamento da musculatura expiratória abdominal solicitada ativamente, durante o exercício, uma vez que

indivíduos com DP apresentam uma caixa torácica rígida e uma complacência pulmonar diminuída⁵⁻⁷.

Os exercícios realizados no *exergame*, considerado uma terapia alternativa na reabilitação de indivíduos com DP, mostrou-se uma ferramenta capaz de melhorar a força muscular inspiratória no estudo atual. A utilização dos *exergames* tem ganhado espaço no tratamento fisioterapêutico da DP nos últimos anos, e alguns estudos já relataram sua eficácia na melhora de aspectos como força muscular, equilíbrio postural, capacidade de marcha, e função cognitiva^{59,62}. Porém, não foram encontrados estudos que tivessem verificado o efeito dos exercícios com o *exergame* sobre a FR de indivíduos com DP.

Uma possível explicação para esse resultado seria a característica dos jogos praticados que envolveram movimentos rápidos e explosivos, com mudanças de direção e até saltos³, o que evoca semelhança com um treino intervalado. Já foi comprovado que quando este é realizado em pessoas com a DP, é capaz de promover benefícios, como um incremento no consumo máximo de oxigênio^{84,89}. Essa variável é dependente de uma boa capacidade de captação e extração de oxigênio do ar ambiente⁹⁰.

Assim, frente à demanda ocasionada pelo exercício — no caso em questão, o *exergame* —, faz-se necessário uma maior eficácia ventilatória proporcionada pela musculatura inspiratória⁹¹. Destarte, é razoável supor que, por conta das características do treinamento com o *exergame* assemelharem-se às de um treino intervalado, o aumento da P_{máx} tenha sido gerado para suprir uma maior demanda ventilatória por parte dos músculos inspiratórios, ocasionada pelo exercício.

Diante dos resultados obtidos, é possível supor que algumas das modalidades de tratamento fisioterapêutico propostos, no caso, a bicicleta estacionária a P_{máx} e o *exergame* a P_{máx}, são capazes de promover melhora da força muscular respiratória, componente fundamental da FR, o que conduz a uma proposta de que esses tratamentos na prática clínica sejam aplicados simultaneamente, dentro do escopo das intervenções oferecidas aos indivíduos com a DP, além de poder ser adicionado um treinamento específico de força muscular respiratória, como um treinamento muscular inspiratório (TMI) ou o fortalecimento da musculatura expiratória.

Podem ser apontadas como limitações deste estudo o pequeno tamanho da amostra, ainda que seja semelhante ao de outros estudos com temática similar^{1,3-5}, e as perdas que ocorreram na avaliação final, que representaram um total de 32%. A avaliação da FR depende muito da compreensão e colaboração do indivíduo avaliado.

Assim, a rigidez muscular e os tremores inerentes à DP, que atingem os músculos da face, podem ter influenciado negativamente a realização das avaliações. Além disso, durante a avaliação, foram requeridos movimentos de inspiração e expiração forçadas em um bocal que deveria estar devidamente selado pelos lábios, de modo a evitar vazamentos, ação que nem todos os indivíduos avaliados foram capazes de realizar.

É importante também salientar o fato de terem sido avaliados resultados indiretos de três modalidades de treino sobre a FR, que não incluíam uma terapêutica específica para esse fim. Talvez a inclusão de um treinamento dos músculos inspiratórios ou expiratórios, em adição às atividades realizadas ou em apenas parte da amostra que compunham os grupos, pudesse trazer resultados diferentes.

Um desfecho que poderia ter sido analisado no presente é o pico de fluxo da tosse (PFT), uma medida relativamente simples e de baixo custo, que traria um parâmetro direto da capacidade de tosse dos indivíduos avaliados.

6 CONCLUSÃO

O treinamento funcional, o exercício em bicicleta estacionária e o *exergame* promoveram pouco impacto na FR de idosos com a DP. O treino na bicicleta estacionária demonstrou um efeito indireto de aumento da Pemáx, enquanto que o *exergame* melhorou a Pimáx dos participantes desse estudo. Além disso, os participantes dos grupos GF e GE apresentaram uma discreta melhora clínica da Pimáx. Esse resultado sugere a necessidade de se avaliar e adicionar um treino específico que vise à melhora da FR nos indivíduos com a DP no escopo das intervenções fisioterapêuticas praticadas nessa população. Mais estudos devem ser realizados para propor qual tipo de treinamento respiratório, quando ele deve ser introduzido e de que forma este deve ser realizado para promover a melhora e prevenir o declínio da FR nessa população.

REFERÊNCIAS

1. Silveira RA da, Trippo KV, Duarte GP, Gomes Neto M, Oliveira Filho J, Ferraz DD. The effects of functional training and stationary cycling on respiratory function of elderly with Parkinson disease: a pilot study. *Fisioter Mov* [Internet]. 2018 June 7 [acesso em 2019 Ago 15]; 31:1-8. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-51502018000100215&lng=en&tlng=en.
2. Gondim ITG de O, Lins CC dos SA, Coriolano M das GW de S. Exercícios terapêuticos domiciliares na doença de Parkinson: uma revisão integrativa. *Rev Bras Geriatr Gerontol*. 2016 Abr; 19(2):349-64.
3. Ferraz DD, Trippo KV, Duarte GP, Neto MG, Bernardes Santos KO, Filho JO. The Effects of functional training, bicycle exercise, and exergaming on walking capacity of elderly patients with parkinson disease: a pilot randomized controlled single-blinded trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018 May; 99(5):826-33.
4. Reyes A, Castillo A, Castillo J, Cornejo I. The effects of respiratory muscle training on peak cough flow in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled study. *Clin Rehabil*. 2018 Oct; 32(10):1317-27.
5. Guimarães D, Duarte G, Trippo K, Furtado G, Oliveira Filho J, Ferraz DD. Using the spirometry to indicate respiratory exercises for elderly with Parkinson's disease. *Fisioter Mov* [Internet]. 2018 Jun 7 [acesso em 2019 Ago 15]; 31:1-8. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-51502018000100218&lng=en&tlng=en
6. Thomé J dos S, Olmedo L, Santos FM dos, Magnani KL, Müller P de T, Christofolletti G. Pacientes com doença de Parkinson sob assistência fisioterapêutica apresentam parâmetros pulmonares melhores do que controles sedentários. *Fisioter Pesqui*. 2016 Mar; 23(1):30-7.
7. Owolabi L, Nagoda M, Babashani M. Pulmonary function tests in patients with Parkinson's disease: A case-control study. *Niger J Clin Pract*. 2016; 19(1):66-70.
8. Chen Y, Gao Q, He C-Q, Bian R. Effect of virtual reality on balance in individuals with parkinson disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phys Ther* [Internet]. 2020 June [acesso em 2020 Jun 13]; 100(6):933-45. Disponível em: <https://academic.oup.com/ptj/advance-article/doi/10.1093/ptj/pzaa042/5802008>.
9. Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 1992 Mar 1 [acesso em 2020 Sept 25]; 55(3):181-4. Disponível em: <https://jnnp.bmj.com/content/jnnp/55/3/181.full.pdf>.

10. Teive HA. Etiopatogenia da Doença de Parkinson. *Rev Neurocienc* [Internet]. 2005 Dez 31 [acesso em 2020 Sept 25]; 13(4):201-14. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/neurociencias/article/view/8794>.
11. Braak H, Del Tredici K, Rüb U, Voigt R, Alde, Steur ENHJ, Braak E. Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. *Neurobiol Aging*. 2003; 24:197-211.
12. Pahapill PA, Lozano AM. The pedunculopontine nucleus and Parkinson's disease. *Brain*. 2000; 123:1767-83.
13. McKaught KSP, Olanow CW. Proteolytic stress: A unifying concept for the etiopathogenesis of Parkinson's disease. *Ann Neurol*. 2003; 53(Suppl 3):S73-S86.
14. Logroscino G, Marder K, Graziano J, et al. Dietary iron, animal fats and risk of Parkinson's disease. *Mov Disord*. 1998; 13(Suppl 1):13-6.
15. Teive HAG. Etiopatogenia da doença de parkinson. In: Meneses MS, Teive HAG, editores. *Doença de Parkinson*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2003. p. 33-7.
16. Racette BA, McGee-Minnich L, Moerlein SM, Mink JW, Videen TO, Perlmutter JS. Welding-related parkinsonism. Clinical features, treatment, and pathophysiology. *Neurology*. 2001; 56(1):8-13.
17. Olanow CW, Jenner P, Tatton NA, Tatton WG. Neurodegeneration and Parkinson's disease. In: Jankovic J, Tolosa E. *Parkinson's disease and Movement Disorders*. 3. ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1998. p. 67-103.
18. Campdelacreu J. Enfermedad de Parkinson y enfermedad de Alzheimer: factores de riesgo ambientales. *Neurología*. 2014 Nov-Dez; 29(9):541-9.
19. Wirdefeldt K, Adami HO, Cole P, Trichopoulos D, Mandel J. Epi-demiology and etiology of Parkinson's disease: a review of the evidence. *Eur J Epidemiol*. 2011; 26(Suppl 1):S1-58.
20. Miyake Y, Tanaka K, Fukushima W, Sasaki S, Kiyohara C, Tsu-boi Y, et al. Case-control study of risk of PD in relation to hypertension, hypercholesterolemia, and diabetes in Japan. *J Neurol Sci*. 2010; 293:82-6.
21. Huang X, Auinger P, Eberly S, Oakes D, Schwarzschild M, Ascherio A, et al. Serum cholesterol and the progression of Parkinson's disease: results from DATATOP. *PLoS ONE*. 2011; 6(8):e22854.
22. Souza CFM, Almeida HCP, Batista J, Costa PH, Silveira YSS, Bezerra JCL. A Doença de Parkinson e o processo de envelhecimento motor: uma revisão de literatura. *Rev Neurocienc*. 2011; 19(4):718-23.
23. Pahapill PA, Lozano AM. The pedunculopontine nucleus and Parkinson's disease. *Brain*. 2000; 123:1767-83.

24. Azevedo MM, Galhardo MC, Amaral AKFJ, Vieira ACC. Caracterização dos distúrbios cognitivos na doença de Parkinson. *Rev CEFAC*. 2009; 11:251-7.
25. Pringsheim T, Jette N, Frolkis A, Steeves TDL. The prevalence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Mov Disord*. 2014; 29:1583-90.
26. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Projeções da População. Brasil e Unidades da Federação [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2013. [Série Relatórios Metodológicos, v. 40]. [acesso em 2016 July 1]. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Projecao_da_Populacao/Projecao_da_Populacao_2013/srm40_projecao_da_populacao.pdf.
27. Dorsey ER, Constantinescu R, Thompson JP, Biglan KM, Holloway RG, Kieburtz K, et al. Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. *Neurology*. 2007; 68(5):384-6.
28. Barbosa MT, Caramelli P, Maia DP, Cunningham MC, Guerra HL, Lima-Costa MF, et al. Parkinsonism and Parkinson's disease in the elderly: a communitybased survey in Brazil (the Bambui study). *Mov Disord*. 2006; 21(6):800-8.
29. Lago Ramos M, Ribeiro Neves D, Lima V, Orsini M, Machado D, Bastos VH, et al. Análise de parâmetros pneumofuncionais em pacientes com doença de Parkinson: estudo piloto. *Rev Bras Neurol*. 2014 abr-jun; 50(2):38-43.
30. Torsney K, Forsyth D. Respiratory dysfunction in Parkinson's disease. *J R Coll Physicians Edinb*. 2017; 47(1):35-9.
31. Montero Ferro A, Basso-Vanelli RP, Moreira Mello RL, Sanches Garcia-Araujo A, Gonçalves Mendes R, Costa D, et al. Effects of inspiratory muscle training on respiratory muscle strength, lung function, functional capacity and cardiac autonomic function in Parkinson's disease: Randomized controlled clinical trial protocol. *Physiother Res Int [Internet]*. 2019 July [acesso em 2020 May 13]; 24(3):e1777. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pri.1777>.
32. Vincken WG, Gauthier SG, Dollfuss RE, Hanson RE, Darauay CM, Cosio MG. Involvement of upperairway muscles in extrapyramidal disorders. A cause of airflow limitation. *N Engl J Med*. 1984 Ago; 311(7):438-42.
33. Shill H, Stacy M. Respiratory complications of Parkinson's disease. *Semin Respir Crit Care Med*. 2002 June; 23(3):261-5.
34. Izquierdo-Alonso JL, Jiménez-Jiménez FJ, Cabreara-Valdivia F, Mansilla-Lesmes M. Airway dysfunction in patients with Parkinson's disease. *Lung*. 1994; 172(1):47-55.
35. Estenne M, Hubert M, De Troyer A. Respiratory-muscle involvement in Parkinson's disease. *N Engl J Med*. 1984; 311(23):1516-7.
36. Braak H, Brack E. Pathoanatomy of Parkinson's disease. *J Neurol*. 2000 Apr; 247(Suppl 2):II3-10.

37. Seccombe LM, Giddings HL, Rogers PG, Corbett AJ, Hayes MW, Peters MJ et al. Abnormal ventilatory control in Parkinson's disease--further evidence for non-motor dysfunction. *Respir Physiol Neurobiol*. 2011 Dec 15; 179(2-3):300-4.
38. Pokusa M, Hajduchova D, Budaj T, Kralova Trancikova A. Respiratory Function and Dysfunction in Parkinson-Type Neurodegeneration. *Physiol Res* [Internet]. 2020 Mar 27 [acesso em 2020 Sept 25]; 69(Suppl 1):S69-S79. Disponível em: http://www.biomed.cas.cz/physiolres/pdf/69/69_S69.pdf.
39. Oliveira LM, Oliveira MA, Moriya HT, Moreira TS, Takakura AC. Respiratory disturbances in a mouse model of Parkinson's disease. *Exp Physiol* [Internet]. 2019 May [acesso em 2020 Sept 25]; 104(5):729-39. Disponível em: <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1113/EP087507>.
40. Askanas V, Engel WK, Alvarez RB, McFerrin J, Broccolini A. Novel immunolocalization of alpha-synuclein in human muscle of inclusion-body myositis, regenerating and necrotic muscle fibers, and at neuromuscular junctions. *J Neuropathol Exp Neurol* [Internet]. 2000 July [acesso em 2020 Sept 25]; 59(7):592-8. Disponível em: <https://academic.oup.com/jnen/article/59/7/592/2609907>.
41. Beach TG, Adler CH, Sue LI, Vedders L, Lue L, White III CL, et al. Multi-organ distribution of phosphorylated α -synuclein histopathology in subjects with Lewy body disorders. *Acta Neuropathol*. 2010 June 1;119(6):689-702.
42. Rota L, Pellegrini C, Benvenuti L, Antonioli L, Fornai M, Blandizzi C, et al. Constipation, deficit in colon contractions and alpha-synuclein inclusions within the colon precede motor abnormalities and neurodegeneration in the central nervous system in a mouse model of alpha-synucleinopathy. *Translational Neurodegeneration*. 2019 Feb 6;8(5):1-15.
43. Boukhenouna S, Wilson MA, Bahmed K, Kosmider B. Reactive oxygen species in chronic obstructive pulmonary disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [Internet]. 2018 [acesso em 2020 Sept 25]; 2018:1-9. Disponível em: <http://downloads.hindawi.com/journals/omcl/2018/5730395.pdf>.
44. Feng Y-S, Yang S-D, Tan Z-X, Wang M-M, Xing Y, Dong F, et al. The benefits and mechanisms of exercise training for Parkinson's disease. *Life Sci*. 2020 Mar 15; 245:117345.
45. Bouça-Machado R, Rosário A, Caldeira D, Caldas AC, Guerreiro D, Venturelli M, et al. Physical activity, exercise, and physiotherapy in parkinson's disease: defining the concepts. *Mov Disord Clin Pract*. [Internet]. 2020 [acesso em 2020 Sept 25]; 7(1):7-15. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/mdc3.12849>.
46. Ayers SF, Sariscsany MJ. SHAPE America: Society of Health and Physical Educators. Physical education for lifelong fitness: the physical best teacher's guide. 3 ed. Reston, VA: National Association for Sports and Physical Education; 2011.[acesso em 2020 May 19]. Disponível em: <http://www.ode.state.or.us/teachlearn/subjects/pe/curriculum/fittprinciple.pdf>.

47. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin B. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43:1334-59.
48. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41:1510-30.
49. Mak MK, Wong-Yu IS, Shen X, Chung CL. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease. *Nat Rev Neurol.* 2017; 13:689-703.
50. Snijders AH, Toni I, Ruzicka E, Bloem, BR. Bicycling breaks the ice for freezers of gait. *Mov Disord.* 2011 Feb 15; 26(3):367-71.
51. Uygur, M, Bellumori, M, Knight, CA. Effects of a low-resistance, interval bicycling intervention in Parkinson's Disease. *Physiother Theory Pract.* 2017 Dec; 33(12):897-904.
52. Miyai I, Fujimoto Y, Ueda Y, Yamamoto H, Nozaki S, Saito T, et al. Treadmill training with body weight support: its effect on Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000 July; 81(7):849-52.
53. Gaßner H, Steib S, Klamroth S, Pasluosta CF, Adler W, Eskofier BM, et al. Perturbation treadmill training improves clinical characteristics of gait and balance in parkinson's disease. *J Parkinsons Dis.* 2019; 9(2):413-26.
54. Ramazzina I, Bernazzoli B, Costantino C. Systematic review on strength training in Parkinson's disease: an unsolved question. *Clin Interv Aging.* 2017 Mar 31; 12:619-28.
55. Paul SS, Canning CG, Song J, Fung VS, Sherrington C. Leg muscle power is enhanced by training in people with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2014 Mar; 28(3):275-88.
56. Saltychev M, Bärlund E, Paltamaa J, Katajapuu N, Laimi K. Progressive resistance training in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2016 Jan 1; 6(1):e008756.
57. Joseph C, Leavy B, Mattsson S, Falk L, Franzén E. Implementation of the HiBalance training program for Parkinson's disease in clinical settings: a feasibility study. *Brain Behav [Internet].* 2018 June 21 [acesso em 2020 May 13]; 8(8). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6085912/>.
58. Conradsson D, Löfgren N, Nero H, Hagströmer M, Ståhle A, Lökk J, et al. The Effects of highly challenging balance training in elderly with parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2015 Oct 1; 29(9):827-36.

59. Silva KG, De Freitas TB, Doná F, Ganança FF, Ferraz HB, Torriani-Pasin C, et al. Effects of virtual rehabilitation versus conventional physical therapy on postural control, gait, and cognition of patients with Parkinson's disease: study protocol for a randomized controlled feasibility trial. *Pilot Feasibility Stud.* 2017 Dec; 3(1):68.
60. Shih MC, Wang RY, Cheng SJ, Yang YR. Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2016 Ago 27; 13(1):78.
61. Esculier JF, Vaudrin J, Bériault P, Gagnon K, Tremblay LE. Home-based balance training programme using Wii Fit with balance board for Parkinson's disease: a pilot study. *J Rehabil Med.* 2012 Feb; 44(2):144-50.
62. Ribas CG, Alves da Silva L, Corrêa MR, Teive HG, Valderramas S. Effectiveness of exergaming in improving functional balance, fatigue and quality of life in Parkinson's disease: a pilot randomized controlled trial. *Parkinsonism Relat Disord.* 2017 May; 38:13-8.
63. Van Beek JJW, Van Wegen EEH, Bohlhalter S, Vanbellingen T. Exergaming-based dexterity training in persons with parkinson disease: a pilot feasibility study. *J Neurol Phys Ther.* 2019 July; 43(3):168-74.
64. Pachoulakis I, Xilourgos N, Papadopoulos N, Analyti A. A Kinect-Based physiotherapy and assessment platform for parkinson's disease patients. *J Med Eng [Internet].* 2016 [acesso em 2020 May 22]; 2016:1-8. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5086395/>.
65. Souza MF da S, Bacha JMR, Silva KG da, Freitas TB de, Torriani-Pasin C, Pompeu JE. Effects of virtual rehabilitation on cognition and quality of life of patients with Parkinson's disease. *Fisioter Mov [Internet].* 2018 Ago 27 [acesso em 2020 May 22]; 31:1-9. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-51502018000100225&lng=en&tlng=en.
66. Schaeffer E, Busch J-H, Roeben B, Otterbein S, Saraykin P, Leks E, et al. Effects of exergaming on attentional deficits and dual-tasking in parkinson's disease. *Front Neurol [Internet].* 2019 June 19 [acesso em 2020 May 22]; 10:1-8. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6593241/>.
67. Garcia-Agundez A, Folkerts A-K, Konrad R, Caserman P, Tregel T, Goosses M, et al. Recent advances in rehabilitation for parkinson's disease with exergames: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil [Internet].* 2019 Jan 29 [acesso em 2020 May 22]; 16:1-17. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6352377/>.
68. Mak MKY, Wong-Yu ISK. Exercise for Parkinson's disease. *Int Rev Neurobiol [Internet].* 2019 [acesso em 2020 May 13]; 147:1-44. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0074774219300212>.

69. Liu H-H, Yeh N-C, Wu Y-F, Yang Y-R, Wang R-Y, Cheng F-Y. Effects of tai chi exercise on reducing falls and improving balance performance in parkinson's disease: a meta-analysis. *Parkinsons Dis* [Internet]. 2019 Feb 21 [acesso em 2020 May 22]; 2019:1-8. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6409066/>.
70. Tillmann AC, Swarowsky A, Corrêa CL, Andrade A, Moratelli J, Boing L, et al. Feasibility of a Brazilian samba protocol for patients with Parkinson's disease: a clinical non-randomized study. *Arq Neuro-Psiquiatr*. 2020 Jan; 78(1):13-20.
71. Schmitz-Hübsch T, Pyfer D, Kielwein K, Fimmers R, Klockgether T, Wüllner U. Qigong exercise for the symptoms of Parkinson's disease: a randomized, controlled pilot study. *Mov Disord*. 2006 Apr; 21(4):543-8.
72. Fidan O, Seyyar GK, Aras B, Colak E, Aras O. The effect of Tai Chi and Qigong on health-related quality of life in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of systematic reviews. *Int J Rehabil Res*. 2019 Sept; 42(3):196-204.
73. Van Puymbroeck M, Walter A, Hawkins BL, Sharp JL, Woschkolup K, Urrea-Mendoza E, et al. Functional improvements in parkinson's disease following a randomized trial of yoga. *Evid Based Complement Alternat Med* [Internet]. 2018 June 3 [acesso em 2020 May 22]; 2018:1-8. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6009016/>.
74. Inzelberg R, Peleg N, Nisipeanu P, Magadle R, Carasso RL, Weiner P. Inspiratory Muscle Training and the Perception of Dyspnea in Parkinson's Disease. *Can J Neurol Sci* [Internet]. 2005 May [acesso em 2020 May 22]; 32(2):213-7. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/canadian-journal-of-neurological-sciences/article/inspiratory-muscle-training-and-the-perception-of-dyspnea-in-parkinsons-disease/FD6F1A0E04ACEF705BF1A8440FBCD465>.
75. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* [Internet]. 1967 May [acesso em 2020 May 22]; 17(5):427-42. Disponível em: <https://n.neurology.org/content/neurology/17/5/427.full.pdf>.
76. Cisternas NS. ACSM Guidelines for exercise testing and prescription 10th. [acesso em 2020 Sept 7]; Disponível em: https://www.academia.edu/36843773/ACSM_Guidelines_for_Exercise_Testing_and_Prescription_10th.
77. Tomlinson CL; Herd CP, Clarke CE, Meek C, Patel S, Stowe R, et al. Physiotherapy for Parkinson's disease: a comparison of techniques. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2014 June 17 [acesso em 2020 May 22]; 17(6):121. Disponível em: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD002815.pub2/epdf/full>
78. Keus S, Munneke M, Graziano M, Paltamaa J, Pelosin E, Domingos J, et al. European physiotherapy guideline for parkinson's disease. Netherlands: KNGF/ParkinsonNet; 2014 [acesso em 2020 May 19]. Disponível em: https://www.parkinsonnet.nl/app/uploads/sites/3/2019/11/eu_guideline_parkinson_guideline_for_pt_s1.pdf.

79. Wilson RC, Jones PW. A comparison of the visual analogue scale and modified Borg scale for the measurement of dyspnoea during exercise. *Clin Sci (Lond)* [Internet]. 1989 Mar [acesso em 2020 May 22]; 76(3):277-82. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2924519/>.
80. Canning CG, Sherrington C, Lord SR, Close JCT, Heritier S, Heller GZ, et al. Exercise for falls prevention in Parkinson disease: a randomized controlled trial. *Neurology* [Internet]. 2015 Jan 20 [acesso em 2020 May 22]; 84(3):304-12. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4335992/>.
81. Karvonen M, Kentala K, Mustala O. The effects of training heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957; 35(3):307-15.
82. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* [Internet]. 2005 [acesso em 2020 May 22]; 26(2):319-38. Disponível em: <https://erj.ersjournals.com/content/erj/26/2/319.full.pdf>.
83. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar 2002. *J Bras Pneumol.* 2002; 28(Suppl. 3):S155-S165.
84. Harvey M, Weston KL, Gray WK, O’Callaghan A, Oates LL, Davidson R, et al. High-intensity interval training in people with Parkinson’s disease: a randomized, controlled feasibility trial. *Clin Rehabil.* 2019 Mar; 33(3):428-38.
85. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* [Internet]. 1999 [acesso em 2020 May 22]; 32(6):719-27. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bjmbr/v32n6/3239c.pdf>.
86. Duarte AAO, Pereira CAC, Rodrigues SCS. Validação de novos valores previstos brasileiros para a espirometria forçada na raça branca e comparação com os valores previstos obtidos por outras equações de referência. *J Bras Pneumol* [Internet]. 2007 Oct [acesso em 2020 May 22]; 33(5): 527-35. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v33n5/en_v33n5a07.pdf.
87. Bessa EJC, Lopes AJ, Rufino R. A importância da medida da força muscular respiratória na prática da pneumologia. *Pulmão RJ* [Internet]. 2015 [acesso em 2020 May 22]; 24(1):37-41. Disponível em: http://www.sopterj.com.br/wp-content/themes/_sopterj_redesign_2017/_revista/2015/n_01/10.pdf.
88. Alves MW, Alves TG, Ferreira RM, Lima TA, Pimentel CP, Sousa EC, et al. Strength training improves the respiratory muscle strength and quality of life of elderly with Parkinson disease. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019 Oct; 59(10):1756-62.
89. Schenkman M, Moore CG, Kohrt WM, Hall DA, Delitto A, Comella CL, et al. Effect of High-Intensity treadmill exercise on motor symptoms in patients with de novo parkinson disease: a phase 2 randomized clinical trial. *JAMA Neurol.* 2018 Feb; 75(2):219-26.

90. Denadai BS. Consumo máximo de oxigênio: fatores determinantes e limitantes. Rev Bras Ativ Fís Saúde [Internet]. 1995 [acesso em 2020 May 22]; 1(1):85-94. Disponível em: <https://rbafs.org.br/RBAFS/article/view/454/498>.

91. Candau R, Belli A, Millet GY, Georges D, Barbier B, Rouillon JD. Energy cost and running mechanics during a treadmill run to voluntary exhaustion in humans. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1998 May; 77(6):479-85.

APÊNDICE

Ficha de coleta de dados da função respiratória

DATA DA AVALIAÇÃO ____/____/____

NOME _____

IDADE _____ PESO _____ ALTURA _____

TEVE PNEUMONIA NO ÚLTIMO ANO? _____ TEVE PNEUMONIA NAS ÚLTIMAS 8 SEMANAS? _____

VOCÊ ESTEVE INTERNADO NO ÚLTIMO ANO? SE SIM, QUAL A CAUSA? _____

ESPIROMETRIA

MEDIDAS	PREVISTO	REALIZADO	%
CVF			
VEF1			
VEF1/CVF			
PFE			

CLASSIFICAÇÃO ESPIROMÉTRICA _____

PRESSÕES	MEDIDA	PREV	%
PI Max			
PE Max			

MEDIDAS	INS	EX	CA
AXILAR			
XIFOIDIANA			
UMBILICAL			

EQUAÇÃO PRESSÕES RESPIRATÓRIAS (Neder et al.)

Homem PI Max: $-0,80 \times \text{idade} + 155,3$ PE Max: $-0,81 \times \text{idade} + 165,3$

ANEXO

Diretriz da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia para realização de espirometria. Disponível em:

https://cdn.publisher.gn1.link/jornaldepneumologia.com.br/pdf/Suple_139_45_11%20Espirometria.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.

Diretriz da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia para realização de pressões respiratórias estáticas. Disponível em:

https://cdn.publisher.gn1.link/jornaldepneumologia.com.br/pdf/Suple_137_45_88_Pressoes_respiratorias_estaticas_maximas.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.

Instituto de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação
Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas