

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Efeitos da Frequência Autocontrolada de  
Conhecimento de Resultados na Aprendizagem  
de uma Habilidade Motora com demanda de  
controle espacial em adultos com a Doença de  
Parkinson**

Tiago Pereira Campos

PELOTAS

2011

TIAGO PEREIRA CAMPOS

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Efeitos da Frequênciа Autocontrolada de  
Conhecimento de Resultados na Aprendizagem de  
uma Habilidade Motora com demanda de controle  
espacial em adultos com a Doença de Parkinson**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Pelotas, para obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Educação Física).

Orientadora: Profa. Dra. Suzete Chiviacowsky Clark

PELOTAS

2011

Banca examinadora:

Prof. Dr. Andrea Freudenheim

Universidade de São Paulo

Prof. Dr. José Francisco Gomes Schild

Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Flávio Pereira

Universidade Federal de Pelotas

Prof<sup>a</sup>. Dra. Suzete Chiviacowsky Clark (orientadora)

Universidade Federal de Pelotas

## Agradecimentos

Outra etapa termina e, como em todos os passos de nossas vidas, é inevitável a participação de pessoas que atuam diretamente ao nosso lado. Elas não melhoraram nem pioram esses momentos, mas motivam, questionam, apóiam, criticam e fazem que o caminho a ser percorrido seja menos árduo. A essas pessoas quero deixar meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente, gostaria de agradecer uma pessoa muito especial que sempre escuta meus sonhos e me dá aquele incentivo fundamental “vai lá, gordo. Tu consegues”. No mestrado não foi diferente. Ela sempre acreditou que eu passaria na seleção, sempre deu suporte nos momentos difíceis, escutou minhas reclamações e indicou o caminho que ela acreditava que eu deveria seguir. Então Gorda, gostaria de agradecer tua companhia nesse período, o apoio que me deste, o respeito ao tempo em que estive estudando e por tudo que fizeste para eu concluir essa etapa. Bárbara, sem duvidas é a ti que dedico esse trabalho.

Também gostaria de agradecer meus pais, os quais sempre me deram exemplo de vida, de dedicação, de garra e de esforço. Fico muito grato a todo o esforço de vocês, sempre com o intuito de me ver chegar onde almejava chegar. Pai e Mãe, muito obrigada por vocês estarem sempre ao meu lado. Da mesma forma agradeço minha irmã, pelo companheirismo e amizade, sempre dando apoio nos momentos mais difíceis.

Agradeço também a todos os meus amigos, os quais eu sei que sempre posso contar, que se mostram sempre presentes, interessados e dispostos a ajudar, a conversar ou apenas ouvir. Em especial a eles: Inácio, Damé, Marta e Guto. Amigos, muito obrigado.

Agradeço também a todos os membros que formam a Esef: professores, alunos e funcionários. Também não poderia deixar de citar meus colegas de turma, pois estivemos juntos nessa caminhada. Sou grato a todos os membros do LACOM, com quem trabalhei, aprendi, convivi e entendi o valor de trabalho em equipe.

Obrigado a banca examinadora do meu trabalho, que mesmo em datas de muitas atividades se colocou a disposição para as avaliações.

Finalmente, gostaria de agradecer a minha orientadora, Suzete, pessoa que fez com que meu aprendizado fosse sempre um pouco além do que poderia ser, devido sua exigência e dedicação. Sou muito grato por esses dois anos de companheirismo e aprendizado ao seu lado. Obrigado!

## Sumário

1. Projeto de Pesquisa .....	07
2. Relatório de Campo .....	67
3. Artigo Original .....	77
4. Comunicado à Imprensa .....	97

## 1. Projeto de Pesquisa

(Dissertação de Mestrado de Tiago Pereira Campos)

## Sumário

<u>1 INTRODUÇÃO</u> .....	4
<u>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> .....	7
<u>2.1.O Processo de Aprendizagem Motora</u> .....	7
<u>2.2.Fatores que afetam a aprendizagem motora</u> .....	11
<u>2.2.1. Foco de Atenção</u> .....	11
<u>2.2.2. Organização da Prática</u> .....	13
<u>2.2.3.Feedback</u> .....	16
<u>2.3.Pesquisas em Feedback</u> .....	19
<u>2.3.1.Frequência Relativa de CR</u> .....	19
<u>2.3.2.Faixa de Amplitude de CR</u> .....	22
<u>2.3.3.Feedback Decrescente</u> .....	24
<u>2.3.4.CR Sumário</u> .....	25
<u>2.3.5.CR Médio</u> .....	26
<u>2.3.6.Feedback autocontrolado</u> .....	28
<u>2.4.Doença de Parkinson</u> .....	32
<u>2.5.Doença de Parkinson e Aprendizagem Motora</u> .....	38

<u>3 JUSTIFICATIVA</u>	42
<u>4 OBJETIVOS</u>	43
<u>5 HIPÓTESE</u>	43
<u>6 METODOLOGIA</u>	44
<u>6.1 Delineamento</u>	44
<u>6.2 População Alvo</u>	44
<u>6.3 Amostra</u>	44
<u>6.4 Justificativa para escolha da amostra</u>	45
<u>6.5 Equipamento e Tarefa Motora</u>	45
<u>6.6 Delineamento experimental e Procedimentos</u>	46
<u>6.7 Análise dos dados</u>	47
<u>7 REFERÊNCIAS</u>	50

## 1 INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) é uma desordem neurodegenerativa com comprometimento primário dos neurônios da “substância nigra” e consequente diminuição da produção de dopamina. Essa situação leva a uma disfunção dos gânglios da base, propiciando o surgimento de anormalidades nos movimentos tais como tremores, bradicinesia, rigidez e instabilidade postural, os quais são os sinais e sintomas mais característicos dessa patologia, que leva a um declínio progressivo da função motora (JANKOVIC, 2008).

Devido ao caráter crônico e neurodegenerativo dessa doença, a função motora é amplamente afetada, com a possibilidade de ocorrer uma diminuição dessa função com o avanço da DP. A prática motora é considerada como um dos mais importantes fatores para manter a capacidade de executar uma habilidade motora, pois, segundo Flash, Inzelberg, Schechtman e Korczyn (1992) e Behrman, Cauragh, Light (2000), o declínio dessa função pode ser um importante fator limitante na execução das tarefas diárias de um parkinsoniano.

Além disso, os portadores da DP apresentam um comprometimento nas informações proprioceptivas, ou seja, apresentam dificuldade de perceber as informações sensitivas (afferentes) enviadas ao Sistema Nervoso Central (SNC) por receptores sensoriais presentes em músculos, tendões e cápsulas articulares - que fornecem informações sobre o estado do movimento como velocidade de contração, tensão e comprimento muscular (KONCZAC, CORCOS, HORAK, POIZNER, SHAPIRO, TUITE, VOLKMANN, MASCHKE, 2009).

Para os parkinsonianos existem muitos fatores que afetam a execução do movimento, sendo, entre eles um dos mais limitantes, a diminuição da propriocepção. Os estudos sobre esse déficit têm sugerido que os portadores da DP necessitam de um feedback aumentado para monitorar seus movimentos, já que as informações aumentadas auxiliam a capacidade sensorial reduzida (FLASH, INZELBERG, SCHECHTMAN, KORCZYN, 1992).

O feedback é caracterizado por Schmidt & Wrisberg (2001) como responsável pela informação sobre o estado real de um movimento realizado, podendo ser utilizado com os parkinsonianos, como citado anteriormente, como uma alternativa para diminuir esse déficit proprioceptivo.

Feedback é uma variável muito estudada no campo da Aprendizagem Motora, inserida em uma área denominada de Comportamento Motor - juntamente com os campos de estudo de Desenvolvimento Motor e Controle Motor. Com o desenvolvimento desses estudos, a visão tradicional acerca dos efeitos do feedback (quanto mais frequente, preciso e imediato melhor) começou a ser contestada, visto que, atualmente, são encontrados na literatura científica da área, muitos estudos comprobatórios dos efeitos positivos do fornecimento de frequências inferiores a 100% de feedback, com as mesmas favorecendo o processo de aprendizagem (CHIVIACOWSKY & TANI, 1993; SALMONI, SCHMIDT e WALTER, 1984; WINSTEIN & SCHMIDT, 1990; CHIVIACOWSKY, INSAURRIAGA, SILVA & KRÜGER, 2009).

A variável feedback tem sido muito estudada, por estar presente na grande maioria dos casos de aprendizagem, principalmente quando esses processos envolvem um professor, instrutor, fisioterapeuta, entre outros profissionais que trabalham com alguma forma de aprendizagem. Dessa forma, durante uma sessão de prática, o profissional que está envolvido no processo de aprendizagem possui diversas formas de apresentar a informação ao aprendiz. A partir dos resultados encontrados em estudos, como os citados anteriormente, começaram também a ser estudados diversos arranjos de fornecimento de feedback.

Durante uma sessão de prática com a utilização de feedback autocontrolado - uma importante e eficiente forma de fornecimento de feedback - há a possibilidade do aprendiz participar mais ativamente do processo de aprendizagem; logo, dessa forma, ele dispõe da oportunidade de decidir quando e com qual frequência quer receber feedback (CHIVIACOWSKY & WULF, 2002). Os arranjos autocontrolados de fornecimento de informações de feedback têm sido muito estudados atualmente, mostrando-se, em diferentes situações, mais efetivo para a aprendizagem que o feedback externamente controlado (JANELLE, KIM & SINGER, 1995; JANELLE, BARBA, FEHLICH, TENNANT & CAURAUGH, 1997; CHIVIACOWSKY & WULF,

2002; 2005; CHIVIACOWSKY, NEVES, LOCATELLI, OLIVEIRA, 2005; CHIVIACOWSKY, MEDEIROS, SCHILD & AFONSO, 2006; CHIVIACOWSKY, WULF, MEDEIROS & KAEFER, 2008; CHIVIACOWSKY, PINHO, ALVES & SHILD, 2008, CHIVIACOWSKY, WULF, MEDEIROS, KAEFER, TANI, 2008).

A partir do que foi exposto acima, pode-se afirmar que o processo de aquisição de uma habilidade motora é beneficiado quando o aprendiz obtém um determinado controle sobre a prática. Entretanto, até o presente momento não foram encontrados estudos sobre a variável, feedback autocontrolado abordando sujeitos que apresentem deficiências neurológicas, como a Doença de Parkinson - herdada ao longo da vida. Alguns estudos já relacionaram o efeito da organização da prática na DP, e outros incluíram o fator feedback na análise (BEHRMAN, CAUEAGH, LIGHT, 2000; CHIEN-HO, SULLIVAN, WU, KANTAK, WINSTEIN, 2007; ONLA-OR & WINSTEIN, 2008), embora, ainda existam poucos experimentos com o objetivo de aprofundar o conhecimento do efeito do feedback na DP.

A questão principal do presente estudo reside em analisar como o arranjo autocontrolado de feedback irá influenciar na aquisição de uma nova habilidade motora em sujeitos com a DP. Mais especificamente, o objetivo do estudo é investigar o efeito da frequencia controlada de conhecimento de resultados na aquisição de uma habilidade motora com demanda de controle espacial, em sujeitos adultos com a Doença de Parkinson.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O Processo de Aprendizagem Motora

A Aprendizagem Motora (AM) é considerada por Magill (2000), Schmidt e Wrisberg (2001) como mudanças internas que proporcionam ao indivíduo a capacidade de produzir uma tarefa motora. Tais mudanças surgem em função da prática e são observadas a partir de uma melhora relativamente permanente no desempenho do aprendiz.

As mudanças internas que surgem através dos processos de aprendizagem motora são, provavelmente, fenômenos complexos que ocorrem em nível de Sistema Nervoso Central (SNC). Devido a isso, a aprendizagem motora de um indivíduo não pode ser observada diretamente. Dessa forma, a melhor maneira dos profissionais do movimento observarem este processo é a partir da performance motora dos aprendizes. Com isso, pode-se afirmar que ocorreu uma melhora no nível de aprendizagem motora de um indivíduo, quando o desempenho da tarefa motora é relativamente estável ao longo de várias observações e sob diferentes circunstâncias (Schmidt & Wrisberg, 2001).

Sabe-se que o processo de aprendizagem motora de uma nova tarefa é bastante complexo, porque existem muitas variáveis que podem interferir nesse processo, podendo estar associadas à tarefa a ser aprendida, às características individuais do aprendiz ou ao ambiente de aprendizagem (CHIVIACOWSKY & WULF, 2005). Ainda existem fatores internos e externos que podem afetar o processo de aprendizagem: o processamento de informação como fator interno e feedback, foco de atenção e organização de prática como fatores externos.

Os estudos sobre a aquisição de habilidades motoras, nas últimas décadas, têm mostrado embates teóricos importantes para a evolução da AM. Um embate teórico importante - mais tarde ficou conhecido como centralista-periferalista - ocorreu na década de 70, opondo-se duas teorias, a teoria do circuito fechado e a

teoria do circuito aberto. Nele, o papel do feedback, no desempenho do controle motor, era foco principal desta oposição de teorias (TANI, 2005).

O conceito de programa motor desempenha um papel teórico importante no estudo do comportamento motor. Por muito tempo, defendeu-se o controle dos movimentos humanos partindo-se de um mecanismo central. Mas, foi a definição de Keele (1968), que, definindo-o como uma série de comandos motores estruturados antes que uma sequência de movimentos seja iniciada e que faz com que a sequência inteira possa ser executada sem influência do feedback periférico, acabou provocando controvérsias teóricas desenvolvendo um grande impacto nas teorias do comportamento motor.

As controvérsias surgiram porque a expressão “sem influência” referindo-se ao feedback periférico permitiu diferentes interpretações. Como já apresentado anteriormente, Adams (1971) coloca uma visão diferente para o controle dos movimentos, apresentando uma teoria de circuito fechado baseada essencialmente no feedback periférico.

Embora existam dúvidas quanto ao conceito de programa motor proposto por Keele, em 1968, um argumento que ratifica sua proposta é que o processamento do feedback é muito lento para atuar nas sequências de movimento que por sua vez eram muito rápidas.

A partir dessas controvérsias teóricas, houve basicamente duas linhas de interpretações. Uma, em que o movimento pode ser executado sem a influência de feedback, ou seja, sem uma informação aferente. E outra, em que a existência do programa motor pode ser inferida avaliando a capacidade de execução de movimentos demonstrada por sujeitos privados de informação aferente, ou seja, feedback sensorial em procedimentos experimentais.

Com esse cenário, surgem três linhas de evidências, como uma tentativa de explicar a existência do programa motor. A primeira evidência é que os movimentos podem ocorrer na ausência de feedback, fato confirmado em alguns estudos realizados com deafferentação em animais e humanos, embora não se possa afirmar que ele seja irrelevante para o controle dos movimentos. A segunda, é a redundância do feedback, uma vez que ele é muito lento para se responsabilizar

pelo controle de movimentos rápidos, apesar de ser importantíssimo no controle de movimentos lentos. E a última evidência é a pré-programação dos movimentos, ou seja, o programa é estruturado antes do início do movimento e o tempo de programação depende da complexidade da tarefa. (TANI, 2005). O conceito de programa motor foi fundamental na elaboração de diferentes teorias de aprendizagem motora.

Keele (1968) propôs a teoria de circuito aberto que também é conhecida como teoria centralista, tendo como base a definição de programa motor, em que uma série de comandos motores são estruturados antes que uma sequência de movimentos seja iniciada, fazendo com que a sequência inteira possa ser executada sem a influência do feedback periférico. Dessa forma o programa motor é que controla o sequenciamento e o *timing* dos movimentos, não destacando o feedback como elemento necessário para a produção de movimentos (KEELE, 1968).

Em oposição, Adams (1971) propõe em sua teoria que o feedback tem papel crucial, por ser a informação aferente comparada a uma referência de correção armazenada na memória. Quando o sujeito vai realizar uma próxima tentativa, utiliza o resultado dessa comparação para efetuar de forma mais efetiva o movimento desejado. Segundo a teoria do circuito fechado, o conhecimento de resultado (CR) é a principal fonte de informação que resulta em correções que levam o aprendiz a uma resposta correta, sendo, dessa forma, o principal responsável pela resolução dos desafios motores.

Como forma de integrar essas duas doutrinas, surge a teoria do esquema proposta por Schmidt (1975), apresentando – embora sem muitas informações novas - uma organização das propostas distintas de uma forma integrada, como uma nova perspectiva do controle motor. Uma das primeiras ideias impulsoras do surgimento da teoria do esquema foi proposta por Bartlett (1932), apud Schmidt & Wrissberg (2000), que destaca ser muito raro o ser humano produzir dois movimentos idênticos. Posteriormente, as considerações de Adams (1971), sobre a teoria do circuito fechado, destacam uma grande quantidade de informações a serem armazenadas na memória, podendo tender ao infinito. Isso poderia ser um problema para o sistema nervoso central, pois ocorreria uma superlotação, consideração que também impulsionou o surgimento da teoria do esquema. Schmidt (1975) destaca

que este armazenamento pode ser possível, pois não há provas de que não seja, mas parece ser desejável novos mecanismos que não requerem esse nível de armazenamento. Com isso foi proposta a teoria do esquema.

Assim, essa teoria propõe que a cada movimento realizado são armazenadas quatro informações na memória de curto prazo: condições iniciais, especificações da resposta (parametrização), consequências sensoriais e resultado da resposta. Na memória de longo prazo, as informações não serão armazenadas isoladamente, mas sim o resultado das interações dessas informações iniciais. Com a prática dos movimentos de uma classe específica - por exemplo, o saque do tênis - serão armazenadas diversas relações dessas informações que ao serem confrontadas, irão dar início à formação do esquema motor, o qual se define como uma estrutura de regras abstratas, usada para a parametrização do programa motor generalizado (PMG), quando a meta é produzir diferentes versões da ação. As informações sobre o resultado desejado e as condições iniciais são transmitidas ao esquema, onde se confrontam as informações com as regras armazenadas, possibilitando estimar o conjunto de especificações da resposta adequado para alcançar o objetivo (SCHMIDT, 1975).

A fim de explicar melhor as lacunas teóricas anteriores, o esquema motor se apresenta de duas maneiras: o esquema de lembrança, responsável pela produção de movimento e o esquema de reconhecimento, responsável pela correção do movimento (SCHMIDT, 1975).

A partir dessas teorias, uma série de estudos tem sido realizada com o intuito de verificar as suas proposições sobre o processo de aprendizagem motora e os fatores, cuja maior atenção por parte dos pesquisadores serão ressaltados a seguir, que o afetam.

## 2.2 Fatores que afetam a aprendizagem motora

Como colocado por Tani (2005), o campo de estudos da aprendizagem motora procura estudar processos e mecanismos envolvidos na aquisição de habilidades motoras, bem como os fatores que a influenciam, ou seja, como um indivíduo se torna eficiente na execução de movimentos para alcançar uma meta, com a prática e experiência. Abaixo segue a especificação de alguns fatores que podem influenciar o processo de aprendizagem motora.

### 2.2.1 Foco de Atenção

O foco de atenção é um dos fatores importantes no processo de aquisição de habilidades motoras, capaz de influenciar o quanto bem uma habilidade é desempenhada e retida pelo aprendiz (WULF, 2007).

Pode-se caracterizar o foco de atenção como o ato de direcionar a atenção para fontes de informação ou para o objeto de atenção do indivíduo. Este pode direcionar sua atenção internamente, ou seja, focar no seu próprio corpo e também pode focar externamente, isto é, dirigir sua atenção para aspectos que acontecem no ambiente enquanto produz seu movimento (WULF, Höß, PRINZ, 1998).

Wulf (2007) realizou um estudo de revisão dos 10 últimos anos de pesquisa com foco de atenção, especificamente dos efeitos causados, no indivíduo, pela utilização de um foco interno ou de um foco externo de atenção. A autora demonstra nessa revisão uma evidência considerável do foco externo de atenção ser mais eficaz para o desempenho e aprendizagem de uma tarefa motora, destacando que quando um indivíduo adota um foco de atenção externo ao executar uma tarefa motora, o processo de aprendizagem é afetado positivamente, ou seja, a habilidade é mantida de forma mais eficaz. Essas vantagens são observadas pelos pesquisadores após a fase de aquisição, através de testes de retenção, onde não são fornecidas informações ou os sujeitos são impedidos de adotar o mesmo foco da fase de aquisição. Dessa forma, os pesquisadores sugerem que as vantagens são relativamente permanentes. Além disso, nessa mesma revisão, pode-se confirmar que os benefícios do foco de atenção externo podem ser extrapolados para uma

grande variedade de tarefas (simulador de esqui, tarefas de equilíbrio no estabilômetro e no pedalo, tarefas do golfe, arremesso no basquetebol) com diferentes níveis de habilidade (indivíduos com e sem experiência nas tarefas), sendo encontrados os benefícios tanto para adultos jovens como para indivíduos mais velhos e também para adultos com deficiências neurológicas ( por exemplo, Doença de Parkinson (DP) e sequelas de Acidente Vascular Cerebral).

Cabe destacar o estudo realizado por Wulf (2009), com o objetivo de observar o efeito do foco de atenção no equilíbrio de idosos com a doença de Parkinson. Foi utilizada uma amostra de 14 participantes com essa doença, os quais realizaram uma tarefa sobre uma superfície instável de borracha (*inflated rubber disk*) a fim de poder avaliar o equilíbrio. Para um grupo foi dada a informação de que deveriam se concentrar em seus pés (foco de atenção interno) para diminuir os movimentos sobre o disco de borracha. Ao outro grupo foi passada a informação de que deveriam concentrar-se no disco (foco de atenção externo) para diminuir a instabilidade sobre o disco. Para o grupo controle não foi dada nenhuma informação. Os resultados mostraram que o grupo que realizou a tarefa com foco externo, obteve os melhores índices e não houve diferença entre os grupos foco interno e controle. Por fim, a autora conclui que os resultados foram consistentes com as descobertas anteriores, visto que direcionar a atenção em foco externo reduz a instabilidade postural em indivíduos portadores da DP, em relação a um foco interno. Esses achados têm implicações importantes para os processos de reabilitações que visam à redução dos riscos de queda (WULF, LANDERS, LEWTHWAITE, TÖLLNER, 2009).

Então, torna-se evidente que o foco de atenção externo é mais eficaz para o processo de aprendizagem motora em comparação com o foco interno, sendo que esses resultados podem ser extrapolados para diversas populações com diferentes níveis de habilidades. Entretanto, embora tais resultados estejam confirmando os benefícios do foco de atenção externo, ainda existem algumas áreas a serem investigadas. A maioria dos estudos investiga os benefícios do foco de atenção em cima do resultado de desempenho tais como a exatidão do movimento, a amplitude, a velocidade. Devido ao pequeno número de estudos realizados e da importância deste fator de aprendizagem, abre-se uma lacuna para ser estudada sobre a qualidade do movimento em função do direcionamento do foco de atenção do

indivíduo. Além disso, também se podem avaliar os benefícios do foco de atenção externo em outras populações com déficits motores: paralisia cerebral, mielomeningocele e portadores de síndromes genéticas.

## 2.2.2 Organização da Prática

Outro fator que pode influenciar no processo de aprendizagem motora é como o profissional do movimento vai organizar a sessão de prática, seja ela em aulas de educação física escolar, em treinamentos com atletas ou até mesmo em sessões de fisioterapia. O profissional do movimento, para planejar as sessões de prática, deve ter o cuidado quanto à distribuição semanal das aulas, com um dia de intervalo entre os dias de prática e quanto à distribuição das atividades durante cada sessão. Dentro desse contexto, os autores estão definindo a prática como sendo maciça ou distribuída, levando em consideração, para diferenciá-las, o tempo de repouso do aprendiz entre uma tarefa e outra. As práticas maciças apresentam menor tempo de repouso entre as tarefas, enquanto que a prática distribuída apresenta um tempo de repouso maior (SCHMIDT & WRISBERG 2001).

Para organizar uma sessão de prática, os profissionais devem levar em consideração o tipo de habilidade motora a ser realizada. Algumas habilidades, segundo Magill (2000), podem ser classificadas como discretas (tarefas motoras com pouco tempo de duração e com início e fim bem determinados, como chutar uma bola) ou contínuas (tarefas motoras que se apresentam de forma contínua e repetitiva e não apresentam início e fim bem determinados).

A partir disso, quando a proposta de prática envolver habilidades discretas pode-se organizá-la de forma que o tempo de repouso entre uma tarefa e outra seja

pequeno. Porém quando habilidades contínuas estão envolvidas, as quais frequentemente podem levar o aprendiz à fadiga, torna-se interessante programar um intervalo de descanso maior entre uma tarefa e outra (SCHMIDT & WRISBERG 2001).

Entretanto, a atividade dos profissionais que trabalham com o movimento, muitas vezes tem o objetivo de preparar seu aluno ou paciente para situações do dia a dia. Frequentemente o aprendizado de habilidades motoras envolve mais de uma tarefa, como naquelas em que os jovens vão aprender a jogar voleibol, pois, no mínimo, têm que aprender a dar um saque, a manchete e o toque. Da mesma forma, os fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais que trabalham com pacientes com sequelas de AVC ensinam tarefas variadas como abrir portas, pegar os talheres, caminhar, entre muitas outras.

Assim, os profissionais devem ter a capacidade de preparar sessões de prática com tarefas que envolvam programas motores com tarefas diferentes. A partir disso, em muitos estudos, tem sido demonstrada a existência de duas escalas de prática com resultados positivos na aprendizagem: a Prática em Bloco (PB) e a Prática Randômica (PR). A PB é definida como “sequência prática na qual os indivíduos treinam repetidamente a mesma tarefa”, enquanto que a PR é a “sequência prática na qual os indivíduos realizam uma variedade de diferentes tarefas sem ordem específica, assim evitando ou minimizando repetições consecutivas de qualquer tarefa única” (SCHMIDT & WRISBERG, 2001, p 247).

Shea e Morgan (1979) realizaram um estudo com o objetivo de observar o comportamento da organização da prática, utilizando para avaliação três diferentes movimentos de braços e mãos. Os indivíduos foram separados em dois grupos: um realizou as tarefas com escala de PR e outro com PB. Ao final do estudo, os pesquisadores concluíram que, apesar de a PB produzir melhor performance durante a fase de aquisição, na fase de retenção, a PR apresentou os melhores índices. Dessa forma, pode-se concluir que a PR é melhor para a aprendizagem a longo prazo. A esse fenômeno deu-se o nome de Efeito de Interferência Contextual (EIC).

A partir desse estudo, muitos outros foram realizados, em diferentes populações e tarefas. Um exemplo é o de Gonçalves (2007), que confirmou o efeito

de interferência contextual na aprendizagem motora em idosos. Os pesquisadores utilizaram a tarefa de posicionamento manual, caracterizado pelo transporte de três bolas de tênis com uma sequência e tempo alvo, pré-determinados em três conjuntos diferentes. O experimento foi composto por 48 idosos, de ambos os sexos, com média de idade de 66,45 anos, divididos em quatro grupos (grupo que realizou a tarefa de forma aleatória na aquisição e na retenção; grupo que realizou a aquisição de forma aleatória e a retenção em blocos; grupo que realizou a aquisição e a retenção em blocos; e grupo que realizou a aquisição em blocos e a retenção de forma aleatória). Os resultados do estudo mostraram que durante a fase de aquisição, os grupos que realizaram as tarefas com PB apresentaram-se mais estáveis, já os grupos que realizaram a fase de aquisição de forma aleatória apresentaram-se mais estáveis na fase de retenção, havendo uma estabilidade maior, em longo prazo, na performance dessas tarefas, ratificando-se, dessa forma, o EIC também em idosos.

Outro cuidado que os profissionais do movimento devem ter, ao elaborar as sessões de prática, é quando se envolve apenas uma tarefa motora. No saque do tênis, por exemplo, o treinador pode fazer com que seu atleta realize vários tipos de saque, em uma sequência aleatória ou serial, denominando este tipo de distribuição de prática variada, ou seja, uma variação em uma mesma classe de movimento. A outra forma de organizar a prática é fazer com que os atletas treinem, em uma sessão, apenas uma variação do saque, assim não havendo variações aleatórias na classe de movimento. A essa modalidade chama-se de Prática Constante (SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

De acordo com os autores acima, organizar a prática de forma variada pode trazer benefícios para uma aquisição motora mais estável, pois facilita o desenvolvimento de um esquema motor mais eficaz. Os indivíduos poderão utilizar esses esquemas quando forem submetidos a situações que necessitem de variações de uma classe específica de ação. É o que Schmidt, em 1975, chamou de Teoria do Esquema.

No entanto, muitos estudos não trazem diferenças significativas para a confirmação de que a prática variada seja mais benéfica para a aprendizagem motora do que a prática constante. Para exemplificar, tem-se o estudo de Corrêa,

Benda e Tani (2001) com o objetivo de investigar os efeitos das práticas variada e constante no processo adaptativo na aprendizagem do arremesso de dardo de salão, em que participaram 39 crianças de ambos os sexos, realizando os arremessos com dois tipos de empunhadura (a profissional e a comum) e em três diferentes distâncias, em duas fases do estudo: estabilização e adaptação. Os resultados não mostraram diferenças significativas entre os grupos e as fases do estudo. Os autores justificam os resultados devido à dificuldade da tarefa e suas variações, assim como as instruções referentes ao padrão de movimento desejado.

Como esse estudo, outros não mostram significância entre prática constante e variada. Dessa forma existe a necessidade de mais pesquisas com o objetivo de analisar a melhor forma de distribuição de prática.

### 2.2.3 Feedback

Estudos na área da aprendizagem motora mostram que há uma série de variáveis relacionadas à tarefa a ser aprendida, ao ambiente da aprendizagem e às características do indivíduo que aprende. Uma variável bastante estudada e considerada como importante no processo de aprendizagem é o feedback.

O termo feedback foi popularizado no final da Segunda Guerra Mundial, como sendo uma informação sensorial sobre o estado real de movimento de um sujeito (SCHMIDT & WRISBERG, 2001). Ele pode ser classificado de duas maneiras: intrínseco, que, segundo Magill (2000), surge como consequência natural da produção de movimento, disponível durante ou após os indivíduos desempenharem uma habilidade motora como parte da própria situação de desempenho, e feedback extrínseco (ou aumentado) que, segundo Schmidt e Wrisberg (2001), é uma complementação ao feedback intrínseco, sendo definido como uma informação

sensorial advinda de uma fonte externa, durante ou após o movimento (por exemplo, treinador, fisioterapeuta, cronômetro).

O feedback intrínseco é um tipo de informação que contribui para a formação da representação interna da meta de movimento de uma pessoa (VLIET & WULF, 2006). Ele é mediado por processos sensoriais tais como audição, visão, propriocepção, tato, pressão e vibração (MAGILL, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001; VLIET & WULF, 2006). Esse tipo de informação surge naturalmente como resultado de um movimento e percebido, muitas vezes, claramente pelo aprendiz. Isso ocorre, por exemplo, quando um jogador de futebol cobra um pênalti e não precisa de nenhuma informação adicional para saber se errou ou acertou a cobrança. Entretanto, existem outros aspectos que não são facilmente observáveis: a maneira como esse jogador bateu na bola ou a corrida até bater na bola. Esses são aspectos do feedback intrínseco que o aprendiz precisa desenvolver para ter a capacidade de avaliar.

A forma mais comum de apresentar o feedback extrínseco é a verbal, embora também possa ser dada de forma visual (demonstração, vídeo) ou por uma assistência manual. As informações extrínsecas apresentam duas importantes categorias: uma referente ao sucesso de suas ações em relação à meta a ser atingida, geralmente dada de forma verbal e denominada de Conhecimento de Resultados (CR); a outra referente ao padrão de seus movimentos, ou seja, a qualidade em que o executante realizou o movimento, denominada de Conhecimento de Performance (CP), que geralmente não traz informações sobre o sucesso da atividade no ambiente, ou seja, se o objetivo foi alcançado ou não.

Ao realizar uma comparação entre as duas formas de fornecer o feedback, observa-se que o CP pode ser mais difícil de o aprendiz perceber intrinsecamente do que o CR, pois ele pode realizar os movimentos da tarefa inconscientemente ou até mesmo não ter o conhecimento suficiente sobre o padrão de movimento, alvo para entender onde está errando e assim não conseguir realizar a correção. Sendo assim, acredita-se que o fornecimento de CR em conjunto com informações sobre como corrigir o movimento, possa facilitar a aquisição da tarefa, aumentando o nível de habilidade e acelerando o processo de aprendizagem, ou seja, ocorrendo uma melhor retenção da tarefa (VLIET & WULF, 2006).

O feedback extrínseco apresenta algumas funções ou propriedades importantes para a aprendizagem. Uma destas propriedades é a motivação, pois com a presença de feedback extrínseco, o terapeuta ou instrutor pode tornar as tarefas repetitivas e exaustivas mais atraentes para o aprendiz. Além disso, quando uma pessoa começa a observar a evolução do seu desempenho, passa a realizar as tarefas com maior atenção, passando a praticar mais seguidamente e por um período de tempo maior, contribuindo para melhores níveis de aprendizagem dessa tarefa. Também se torna importante o componente motivacional em casos de reabilitação de pacientes, principalmente neurológicos, devido à lentidão das progressões no tratamento. O terapeuta mostra alguns avanços verbalmente, e assim motiva o aprendiz para seguir realizando as tarefas com maior empenho, favorecendo os processos de reaprendizagem (MAGILL, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

Outra propriedade do feedback extrínseco é o reforço, isto é, a tentativa de buscar a repetição das tarefas realizadas com sucesso ou a não repetição das tarefas executadas sem sucesso (SCHMIDT & WRISBERG, 2001). Por exemplo, se um adulto - em um processo de reaprendizagem de algumas atividades da vida diária, após um acidente vascular cerebral (AVC), durante seus treinamentos - realiza uma tarefa com sucesso, é dado a ele o reforço verbal para que reforce essa tentativa, tendo como objetivo sucessivas repetições com sucesso. Essa informação, muitas vezes, é sobre o padrão de movimento, a fim de buscar uma estabilização das tentativas, tornando o aprendiz mais eficiente.

O feedback extrínseco também apresenta propriedades informacionais, indicando direta ou indiretamente o que o aprendiz deve fazer em uma próxima tentativa para melhorar seu padrão de movimento e corrigir seus erros (SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

Profissionais que trabalham com a aprendizagem de tarefas motoras muitas vezes, durante as aulas, treinamentos ou reabilitações, utilizam o feedback com o intuito de passar para o aprendiz as funções descritas acima, embora a visão tradicional acerca da variável feedback tenha sido modificada nas últimas décadas. Anteriormente, para uma aprendizagem mais eficaz, dever-se-ia fornecer o CR com frequências elevadas, com maior precisão e o mais imediato possível (BILODEAU &

BILODEAU, 1958; SCHMIDT, 1975). Essa visão tradicional foi sendo contrariada por estudos posteriores.

Esses estudos observaram a importância dos testes de transferência e retenção (SALMONI, SCHMIDT, WALTER, 1984). Com isso, começaram a surgir fortes críticas a estudos como o de Bilodeau & Bilodeau (1958), o qual não utilizou testes de retenção e transferência cuja função é de avaliar a aprendizagem após um período de prática. O teste de transferência é utilizado para avaliar uma situação nova, de modo que a pessoa precisa adaptar a habilidade que esteve praticando às características dessa nova situação, enquanto que o teste de retenção não permite a observação dos efeitos passageiros da fase de prática, assim sendo observados apenas os efeitos permanentes da aprendizagem motora.

A partir disso, muitos estudos foram realizados com delineamento semelhante ao estudo de Bilodeau & Bilodeau (1958), mas com a utilização de testes de transferência, encontrando que frequências menores de CR são mais eficientes para a aprendizagem motora (CHIVIACOWSKY & TANI, 1993). Outros estudos realizados com a variável frequência de feedback e a utilização de testes de transferência, encontraram que, se o CR for diminuído, a prática de desempenho será prejudicada. Mas, conclui-se ser essa redução benéfica para a retenção de longo prazo, ou seja, ao aprendizado motor (WINSTEIN & SCHMIDT, 1990). Dessa forma, começou a evidenciar-se que frequências reduzidas de fornecimento de CR, quando testados após um intervalo de tempo da fase de aquisição, são mais efetivas para o processo de aprendizagem motora.

Por conseguinte, fica claro que frequências reduzidas de fornecimento de CR realmente beneficiam a aprendizagem de uma habilidade motora. Dessa forma, surgiram, na área de AM, diversas linhas de pesquisas que realizam seus estudos a fim de observar os efeitos dessa variável sobre a aprendizagem, com diferentes arranjos de frequências reduzidas CR, como a frequência relativa de CR, a faixa de amplitude de CR, o CR decrescente, o CR médio, o CR sumário e o CR autocontrolado. Dando continuidade ao projeto, a seguir serão descritos alguns dos principais estudos que abordam frequências reduzidas de feedback e as diferentes formas de fornecimento de CR.

## 2.3 Pesquisas em Feedback

O feedback é considerado um importante fator para o processo de aprendizagem motora. Devido a isso, essa variável vem sendo estudada constantemente, com diferentes abordagens, principalmente as que diferenciam os arranjos de apresentação de CR durante a prática. A seguir serão mencionadas as principais linhas de pesquisa de CR, apresentando estudos relevantes de cada linha.

### 2.3.1 Frequência Relativa de CR

Em relação à frequência de CR, segundo Schmidt e Wrisberg (2000), podem-se definir dois tipos distintos: a frequência absoluta, definida como o número total de CR fornecido ao aprendiz durante uma sessão de prática, quando o sujeito realiza 60 tentativas e o instrutor fornece feedback em 1/3 (um terço) das tentativas, podendo-se, então, dizer que a frequência absoluta é 20; e a frequência relativa, a qual se refere à porcentagem de CR fornecida ao sujeito, em relação ao número total de tentativas. Mais especificamente é o numero de CR dividido pelo total de tentativas. Esse resultado multiplicado por 100, no exemplo anterior, resultaria em uma frequência relativa de 33,3%.

Os primeiros estudos sobre essa variável foram desenvolvidos por Bilodeau e Bilodeau, em 1958, sendo que um primeiro experimento foi realizado com uma frequência absoluta constante (10 CR) e variações da frequência relativa (100%, 33%, 25%, 10%), ou seja, havendo uma modificação do número de tentativas para cada arranjo, respectivamente 10, 30, 40 e 100. Os autores consideraram, para os quatro grupos, apenas as tentativas realizadas com CR para a análise dos dados.

Foi observado o número de erros em cada tentativa e o padrão de mudança dos erros com a progressão das tentativas, apresentando-se semelhantes para os quatro grupos. Os autores concluíram que as tentativas sem CR não apresentavam vantagens para a aprendizagem, sendo somente a frequência absoluta importante no processo de aprendizagem motora. Um fator limitante nesse estudo, é que ele foi conduzido sem a presença de testes de retenção ou de transferência, o que mais tarde abriu margens para críticas sobre as conclusões apresentadas acima.

Essa visão, até então predominante, começou a ser criticada a partir do estudo de revisão sobre o CR de Salmoni, Schmidt e Walter (1984), os quais observaram que, em alguns estudos anteriores, embora as variações de frequência de CR afetassem a performance durante a fase de aquisição, eram observadas vantagens para a aprendizagem dos grupos com tentativas sem CR, em testes de retenção e de transferência.

Outros estudos, com delineamento semelhante ao de Bilodeau e Bilodeau (1958), mas com a aplicação de testes de retenção e transferência foram desenvolvidos por Baird e Hughes, 1972; Castro, 1988; Chiviacowsky e Tani, 1993; Taylor e Noble, 1962 que encontraram resultados contrários ao que tradicionalmente era afirmado, ou seja, frequências de CR menores foram mais favoráveis ao processo de aprendizagem. Também estudos com a manutenção do número de tentativas constante, variação da frequência absoluta e aplicação dos testes de retenção e transferência encontraram resultados favoráveis à aprendizagem motora ou sem prejuízo a ela para frequências inferiores a 100% (Chiviacowsky, 1994; Winstein & Schmidt, 1990; Godinho, 1992). A partir desses estudos foi que começou a se observar a importância da frequência relativa para o processo de aprendizagem motora.

Wulf & Schmidt (1989) desenvolveram um dos primeiros estudos com o objetivo de analisar o efeito da frequência relativa na aprendizagem de um Programa Motor Generalizado (PMG), ou seja, utilizaram para o experimento três tarefas dentro de um mesmo PMG. O experimento foi composto de uma fase de aquisição, em que todos os sujeitos realizaram o mesmo número de tentativas (108) com um arranjo de prática em blocos. Os resultados mostraram que, na fase de transferência, o grupo que praticou com 67% de frequência relativa de CR obteve

melhores resultados do que o grupo com 100% de CR. Posteriormente, outros estudos foram realizados e ratificaram esses resultados (Wrisberg & Wulf, 1997; Wulf, 1992a; 1992b).

Outros estudos observaram o efeito de frequências reduzidas de CR na aprendizagem motora, analisando se os efeitos eram sobre o PMG ou os parâmetros. Os resultados mostraram benefícios para a aprendizagem motora do PMG, enquanto que para os parâmetros não foi efetiva ou, até mesmo, atrapalhou o processo de aprendizagem. Esses resultados favoráveis à aprendizagem do PMG vai ao encontro dos estudos anteriores, os quais relacionaram frequências reduzidas de CR na aprendizagem de movimentos simples (Wulf, Lee e Schmidt, 1994; Wulf, Schmidt e Deubel, 1993).

Em outro experimento, Chiviacowsky e Tani (1997) analisaram o efeito de duas variáveis: a frequência de CR e a interferência contextual, na aprendizagem de diferentes PMG. O estudo foi realizado com dois grupos que receberam um arranjo de CR de 50% e 100% na fase de aquisição. Como o estudo envolvia três tarefas com PMG diferentes, os autores apresentaram para os sujeitos as tarefas de forma randômica. Os resultados mostraram haver uma tendência de melhor resultado para o grupo que realizou com frequências reduzidas, demonstrando que esta pode ser positiva para a aprendizagem de vários movimentos de classes diferentes.

Também em populações especiais foi demonstrada a eficácia das frequências reduzidas de CR para a aprendizagem. Chiviacowsky, Insaurriaga, Silva & Krüger (2009) preocuparam-se em avaliar os efeitos de diferentes frequências de CR, controladas externamente, na aprendizagem de uma tarefa motora de controle espacial, em adultos com deficiência visual. Os sujeitos foram divididos em dois grupos, com frequências de 50% e 100%, os quais realizaram as três fases do estudo: aquisição, retenção e transferência. Os resultados mostraram uma tendência positiva de melhor aprendizagem para o grupo que realizou os testes com frequências de CR reduzidas, embora os resultados não mostrassem diferenças significativas, em nenhuma fase do estudo, com as frequências utilizadas nesse experimento. Dessa forma, pode-se sugerir que os deficientes visuais utilizam o feedback de forma semelhante aos sujeitos com visão normal, pois os resultados de

frequências reduzidas de CR, externamente controlada, não degradam a aprendizagem e podem até ser positivas a ela.

Verifica-se que existem muitos estudos com a variável frequência relativa de conhecimento de resultados, os quais vêm ao longo do tempo mostrando uma nova visão para a utilização do CR na aprendizagem motora. Dessa forma, destacando os estudos acima citados, para a grande maioria dos casos, CR com frequências reduzidas, ou seja, frequências relativas reduzidas de CR beneficiaram o processo de aprendizagem de uma habilidade motora. Outros estudos também vêm tentando esclarecer as possíveis explicações para esses benefícios, utilizando diferentes arranjos de CR para esta análise, como se verá nos tópicos a seguir.

### 2.3.2 Faixa de Amplitude de CR

Faixa de amplitude (*bandwidth*) de feedback é uma variação de frequência de CR, que consiste em fornecê-lo apenas para os erros que excederem uma faixa pré-determinada, por exemplo, 10% de desvio do objetivo da tarefa. Se o aprendiz não acertou o objetivo da tarefa, mas o erro se encontrava dentro da faixa pré-determinada, nenhuma informação é fornecida e ele deve considerá-la como correta.

Os efeitos para a aprendizagem, com essa disposição de CR podem ser considerados de duas formas (CHIVIACOWSKY, 2005). A primeira consideração pode ser feita como uma variação reduzida e decrescente, quando comparada a frequências de 100% de CR, pois naturalmente os erros tendem a ser em maior número no início dos testes, apresentando uma redução à medida que for praticando.

Alguns estudos comprovaram que os sujeitos receptores de CR apenas nas tentativas em que os erros excederam a faixa pré-determinada, apresentaram um melhor desempenho durante os testes de retenção, em comparação com sujeitos que receberam CR em todas as tentativas (Goodwin & Meeuwse, 1995; Graydon,

Paine, Ellis, & Threadgold, 1997; Smith, Taylor & Withers, 1997). Uma hipótese que pode explicar essa vantagem do grupo *bandwidth* é que altas frequências podem causar dependência e, com isso, o aprendiz não processe informações intrínsecas, o que é relevante para a detecção e correção dos erros (SALMONI, SCHMIDT, WALTER, 1984).

Ainda, Butler, Reeve & Fischman (1996) e Graydon, Paine, Ellis, & Threadgold (1997) realizaram comparações entre grupos que receberam CR com arranjo de *bandwidth* e grupos *yoked* (grupos que receberam o mesmo número de CR do que o grupo anterior, mas sem relação ao acerto e ao erro). Essas comparações mostraram que os participantes do grupo *bandwidth* apresentaram melhores escores nos testes de retenção do que os grupos *yoked*, mostrando que os efeitos do arranjo com faixa de amplitude de CR são diferentes da frequência relativa de CR.

Salmoni, Schmidt & Walter (1984) colocam como hipótese explicativa para a superioridade dos grupos que realizam as tarefas com arranjo de faixa de amplitude de CR a questão da dependência. Esta se refere a que o excesso de CR faz o aprendiz não processar informações intrínsecas importantes para desenvolver a capacidade de detecção e correção de erros.

Uma segunda forma de interpretar esse arranjo de feedback, seria considerar que o CR fosse apresentado em todas as tentativas. Nessa interpretação existe a necessidade de explicar ao aprendiz, no início do experimento, de que quando o experimentador não fornecer CR pode-se considerar a tentativa executada com êxito. Dessa forma, o que diferencia o grupo *bandwidth* do grupo 100% de CR é que, no primeiro, o aprendiz tende a não variar tanto o seu desempenho ao longo das tentativas, pois o critério para o acerto é menos rigoroso, ao permitir uma faixa de erro de, por exemplo, 10%. Assim, uma maior estabilidade nas tentativas pode ser adquirida. A hipótese de Schmidt (2001), conhecida como *maladaptive short-term correction*, coloca que o feedback frequente pode levar a uma instabilidade durante as tentativas, podendo estar presente ainda na fase de retenção e transferência, como também servir como base para esta interpretação do efeito benéfico da faixa de amplitude de CR para a aprendizagem.

### 2.3.3 Feedback Decrescente

Neste arranjo de feedback, as informações são fornecidas de forma decrescente, ou seja, o aprendiz recebe mais informações no início da fase prática, ocorrendo uma diminuição até às tentativas finais (SCHMIDT, 2001).

Alguns estudos compararam esse arranjo de fornecimento de informações com frequências aumentadas de CR. Os resultados mostraram-se mais efetivos para os grupos que durante a fase prática receberam feedback decrescente. Mas, uma limitação presente, nesses estudos, é que não se pode afirmar que o benefício desses resultados é devido ao feedback decrescente, pois pode ser devido a uma menor frequência relativa do grupo com melhor desempenho (WINSTEIN, POHL & LEWTHWAITE, 1994; WINSTEIN & SCHMIDT, 1990; WULF & SCHMIDT, 1989; WULF, SCHMIDT & DEUBEL, 1993).

A fim de tentar esclarecer a dúvida presente nos estudos acima citados, Dunhan e Mueller (1993) realizaram um estudo com mesma frequência relativa, porém com disposição diferente para os grupos: um realizou o experimento com feedback constante, enquanto que o outro realizou com feedback decrescente. Os resultados finais não mostraram diferenças significativas entre os dois grupos. Dois anos mais tarde, em 1995, Goodwin e Meeuwsen, realizaram um estudo que relacionou os arranjos feedback faixa de amplitude e decrescente. Esse estudo foi composto de quatro grupos: um com 100% de CR, os outros três com faixa de amplitude de 10%, mas com diferentes arranjos: um com CR constante, outro decrescente e o último crescente. Os resultados mostraram que os grupos com melhores índices foram os 10% constantes e o decrescente em comparação ao grupo que recebeu CR em todas as tentativas. Pôde-se verificar que o grupo crescente obteve piores resultados que o grupo 10% constante e não se diferenciou do grupo 100% de CR. Também não foi observada diferença entre o grupo decrescente e CR constante.

Então, fica evidente que ainda não se pode afirmar que para uma melhor aprendizagem motora se deve fornecer ao aprendiz CR de forma decrescente ou simplesmente reduzir a frequência relativa de CR, sendo necessário que existam mais estudos para esse esclarecimento.

#### 2.3.4 CR Sumário

Magill (2000) caracteriza este arranjo de fornecimento de CR como a informação fornecida, após a última tentativa, de um conjunto de tentativas ser executada. Autores como Chiviacowsky (2005) relatam que é difícil a utilização dessas informações devido à separação temporal de uma determinada tentativa e do seu CR específico, podendo causar incertezas no aprendiz e também a incapacidade de relacionar o desempenho de cada tentativa com o CR específico.

Schmidt, Young, Swinnen e Shapiro (1989) realizaram um experimento com diferentes grupos de CR sumário, 15, 10, 5 e 1, sendo que este último recebeu CR em todas as tentativas. O grupo que realizou com CR sumário de 15 apresentou os melhores resultados. Em outro estudo de Schmidt, Lange, Young (1990) com delineamento semelhante ao estudo anterior, mas com uma tarefa mais complexa, o grupo que realizou a fase de aquisição com CR sumário de 5 tentativas apresentou melhores resultados nos testes de retenção.

Outro estudo, com o objetivo de verificar se o que favorece a aprendizagem seria a forma de sumário de apresentação de CR ou simplesmente por uma alteração na frequência de CR, foi desenvolvido com 5 grupos: um(1) com 100% de CR e outros quatro(4) com CR sumário. Após 15 tentativas, os grupos se diferenciavam de acordo com o número de informações fornecidas em cada bloco: um(1) era sobre as 15, outro sobre as últimas sete(7), o terceiro sobre as últimas três(3), e o quarto recebia informação apenas sobre a última tentativa. Os resultados não apresentaram diferenças significativas nos testes de retenção para os quatro(4)

grupos de CR sumário. Ainda uma relevante limitação nesse estudo cabe ser ressaltada, pois os grupos de CR sumário não diferiram do grupo que realizou a fase de aquisição com 100% de CR (SIDAWAY, MOORE E SCHOENFELDER-ZOHDI, 1991). Já Wright, Snowden e Willoughby (1990), em um estudo com delineamento semelhante ao anterior, não encontraram em seus resultados diferença entre os grupos de sumário, mas o grupo com 100% de CR apresentou-se inferior aos demais.

Em um estudo mais recente, Guay, Salmoni e Lajoie (1999) compararam um grupo que recebeu CR em todas as tentativas com outros grupos com frequência de CR diminuída em 20%, apresentando aos grupos a informação em forma de CR sumário, médio ou CR somente na última tentativa do bloco. Os autores concluíram que o espaçamento entre as informações de CR era mais importante para a aprendizagem que o CR sumário.

Os estudos acima citados mostram que, de uma forma geral, pode-se dizer que o CR sumário pode ser benéfico à aprendizagem quando comparado com grupos de 100% de CR, e que o número de tentativas mais eficientes para a aprendizagem pode depender da complexidade da tarefa.

### 2.3.5 CR Médio

Este tipo de arranjo de CR é uma das formas mais utilizadas em processos de ensino-aprendizagem. Neles, o professor observa diversas tentativas de um aluno e após relata uma média das tentativas. O CR médio é definido por Schmidt (2001) como um arranjo de CR em que a informação é apresentada ao aprendiz, após um bloco de tentativas, e essa informação é um valor médio sobre o bloco de tentativas.

Em estudo, Young e Schmidt (1992) utilizaram além do CR o conhecimento de performance (CP) e compararam grupos que receberam CR em todas as tentativas, CR médio a cada cinco(5) tentativas e CR decrescente. Esse último

iniciou as tentativas da fase de aquisição recebendo a média de cada cinco(5) tentativas. Após um quarto das tentativas, passou a receber CR de forma decrescente, sobre as médias das últimas cinco(5) tentativas em blocos de 10,15 e 20 tentativas. Dessa forma, o grupo CR médio decrescente recebeu a metade do número de informações, comparando com grupo CR médio. Os testes de retenção realizados, 24h depois, e uma semana após a fase de aquisição, mostraram que os grupos que receberam CR médio apresentaram melhores resultados que o grupo que recebeu CR em todas as tentativas.

Apesar de este estudo apresentar resultados favoráveis ao CR médio, outros estudos não conseguiram confirmar a eficiência desse arranjo como um fator benéfico para a aprendizagem motora. Weeks e Sherwood (1994) realizaram um experimento com uma tarefa de estimativa de força, comparando três(3) grupos com diferentes arranjos de CR: um(1) recebendo CR sumário a cada cinco(5) tentativas, outro recebendo CR médio também a cada cinco(5) tentativas e um(1) grupo recebendo CR após todas as tentativas. Os resultados não apresentaram significância estatística entre o grupo que recebeu CR médio e os outros grupos, entretanto aquele que recebeu CR sumário apresentou melhores resultados que o grupo que recebeu CR após todas as tentativas.

Wulf e Schmidt (1994) também realizaram um estudo em que os efeitos do CR médio não favorecem a aprendizagem motora. Assim, ao contrário de outras formas de apresentação de CR, não se pode afirmar benefícios para a aprendizagem motora com CR médio.

### 2.3.6 Feedback autocontrolado

Aprendizagem autocontrolada é uma situação de aprendizagem em que o aprendiz tem a possibilidade de atuar mais ativamente neste processo e possui algum controle sobre as condições de prática. Neste tipo de estudo, a variável

estudada é controlada pelo próprio aprendiz, ou seja, em processos de aprendizagem autocontrolada de CR é o aprendiz que tem a oportunidade de decidir quando quer receber a informação sobre seu desempenho. Dessa forma, o fornecimento de informação para o aprendiz suprir suas necessidades pode ser dado mais adequadamente (CHIVIACOWSKY & WULF, 2005).

Em processos de aprendizagem nos quais o aprendiz torna-se mais ativo, os resultados podem ser significativamente melhores, devido a uma melhor retenção de informações importantes nesse processo. Embora afirmativas como esta sejam verdadeiras, ainda não é possível esclarecer como, por quê, quais as formas de comportamento que ocorrem na autorregulação da aprendizagem e qual a relação com aspectos cognitivos, motivacionais e comportamentais (ZIMMERMAN, 1989).

Os primeiros estudos com CR e CP autocontrolados foram desenvolvidos por Janelle e seus colaboradores em Janelle, Kim & Singer (1995) e Janelle, Barba, Frehlich, Tenant & Cauraugh (1997). O primeiro estudo foi com uma tarefa de arremessar uma bola ao alvo, e no segundo utilizaram como tarefa a tacada do golfe. Janelle e seus colaboradores (1995) compararam o grupo de CR autocontrolado com outros quatro grupos que realizaram a tarefa com CR externamente controlado em diferentes condições: com CR sumário a cada cinco(5) tentativas, com 50% de frequência de CR, com frequência de CR igual ao grupo autocontrolado, mas imposta pelo experimentador (*yoked group*) e com o grupo controle (0% de CR). Os resultados do nível de aprendizagem, medidos pelo teste de retenção 10 minutos após o término da fase de aquisição, mostraram-se favoráveis ao grupo que praticou com CR autocontrolado em relação aos outros grupos. Já no estudo posterior, Janelle et al. (1997) utilizaram o conhecimento da performance para avaliar arremessos com bolas a um alvo. A metodologia desse estudo foi muito semelhante ao anterior, no entanto houve algumas alterações; pois, como já mencionado anteriormente, a tarefa foi diferente: a informação dada era sobre a performance (CP), e o grupo controle recebeu 100% de frequência de CR. Ainda, não foi utilizado o grupo de 50% de CR e o teste de retenção não foi imediato como no primeiro experimento (10 minutos após a aquisição) e sim quatro dias após. Nesse experimento, semelhante ao anterior, os melhores resultados foram para o grupo que recebeu o CP de forma autocontrolada, em comparação com os demais

grupos. Os autores ainda ressaltam que, no primeiro estudo, os participantes do grupo autocontrolado solicitaram CR em 7% do total das tentativas, enquanto que, no segundo estudo, os participantes solicitaram CP em 11%, em média, das tentativas de prática e de forma decrescente, ou seja, os sujeitos solicitaram mais CP no início e, à medida que executaram as tarefas, as solicitações por informações foram diminuindo (JANELLE, KIM, SINGER, 1995; JANELLE, BARBA, FREHLICH, TENNANT, CAURAUGH, 1997).

Wulf e Toole (1999) também realizaram um experimento com a utilização de prática autocontrolada pelo aprendiz. Nesse estudo, os autores verificaram os efeitos da ajuda física na aprendizagem de uma tarefa de simulador de esqui. Enquanto que os sujeitos do grupo autocontrolado recebiam a ajuda física quando solicitavam, o outro grupo recebia a ajuda com uma disposição equiparada ao grupo autocontrolado (*yoked group*). Nesse experimento, como nos anteriores, os resultados foram também favoráveis ao grupo autocontrole. Os autores ainda sugerem que esse grupo pode ter se engajado em diferentes atividades de processamento de informações, pois durante a prática o grupo autocontrole teve a possibilidade de testar diferentes estratégias de quando solicitar a ajuda ou não, o que os sujeitos no grupo *yoked* não puderam fazer, pois para eles eram fornecidas ajudas aleatoriamente. Por fim, os autores salientam que seria fundamental identificar os mecanismos responsáveis pelas vantagens dos arranjos de prática autocontrolada, assim como também seria interessante verificar se os benefícios da prática autocontrolada poderão ser generalizáveis a diferentes situações de aprendizagem como a apresentação de modelo, os diferentes tipos de feedback, a idade do aprendiz e o nível de aprendizagem.

Outro experimento comprova a superioridade de os resultados mostrarem que os sujeitos desse grupo preferem receber a informação após as tentativas corretas (CHIVIACOWSKY & WULF, 2002). Esses benefícios de arranjos de CR autocontrolado já não podem ser extrapolados para tarefas com demanda de força, pois não foram observadas diferenças significativas nos resultados de um estudo que observou os efeitos da prática em grupo com CR autocontrolado, em comparação com um grupo de CR externamente controlado, em uma tarefa com demanda de força em adultos (CHIVIACOWSKY, MEDEIROS, KAEFER, 2007).

Em outro estudo realizado com universitários (CHIVIACOWSKY, PINHO, ALVES, SCHILD, 2008) também com a finalidade de verificar os efeitos da frequência autocontrolada de CR, na aprendizagem de uma habilidade específica do golfe, não se pôde observar melhores resultados para os sujeitos que praticaram a fase de aquisição com arranjo autocontrolado, indo de encontro aos estudos anteriores. Os autores justificam esses resultados devido a esse estudo ter sido realizado com uma tarefa esportiva, enquanto que os anteriores foram desenvolvidos com tarefas laboratoriais, sugerindo que a variável pode apresentar efeitos diferentes, quando aplicada a diferentes tipos de tarefa. Outro importante fator a ser considerado, nesse estudo, é a complexidade e a dificuldade da aprendizagem da tarefa estudada, em comparação com as tarefas de laboratório. Dessa forma, o número de tentativas realizadas, durante a fase de aquisição, pode ter sido insuficiente para proporcionar um nível de estabilização da performance, a qual proporcionasse os efeitos positivos e significativos para o grupo com frequência de feedback autocontrolado. Frente a esses resultados, os autores do estudo salientam que é necessário a averiguação dos efeitos das práticas com frequência autocontrolada de feedback em outras atividades esportivas com um maior número de tentativas na fase de aquisição.

Em outro estudo, Chiviacowsky, Neves, Locatelli & Oliveira (2005) observaram os efeitos da frequência de resultado autocontrolada e externamente controlada em uma habilidade motora com timing sequencial em crianças. O grupo externamente controlado recebeu as informações de forma equiparada com o grupo autocontrolado sujeito a sujeito, mas sem nenhuma influência sobre a frequência de CR. Ao contrário dos resultados em adultos, nesse estudo o grupo externamente controlado apresentou melhores resultados que o grupo AC. Foi aplicado um questionário em todos os sujeitos do estudo para averiguar se os sujeitos preferem receber ou solicitar CR após boas ou más tentativas, resultando uma preferência por boas tentativas. Entretanto, após análise comparativa dos erros nas tentativas com e sem CR, foi observada a inexistência de diferenças significativas. Os autores colocam que esses resultados indicam que as crianças não são tão eficientes para discriminar uma tentativa boa de uma má; podendo, assim, anular o efeito benéfico do CR autocontrolado em crianças. Os autores ainda colocam que existem vários

fatores que podem influenciar os efeitos de frequências autocontroladas sobre a aprendizagem motora, sendo, neste caso, o nível de desenvolvimento.

No entanto, um outro estudo também foi realizado com crianças de 10 anos de idade em que a tarefa consistia em lançar saquinhos de feijão, com a mão não dominante e com os olhos vendados, em um alvo (fixado no solo a uma distância de 3 metros do local de posicionamento da criança). O alvo desse estudo tinha 2 metros de diâmetro e era composto por círculos concêntricos de 10 centímetros de largura. Os sujeitos dessa pesquisa foram divididos em dois grupos, sendo que um grupo era com arranjo de feedback autocontrolado pela criança, e o outro grupo era com frequência equiparada, controlada pelo experimentador. Os resultados mostraram que os sujeitos que realizaram a fase de aquisição de forma autocontrolada foram mais efetivos nos lançamentos, 24h depois, durante a fase de retenção, ou seja, a aprendizagem desse grupo foi mais eficaz, comparando-os com o grupo de frequência de feedback controlada pelo experimentador (CHIVIACOWSKY, WULF, MEDEIROS, KAEFER, WALLY, 2008).

Já em outro estudo, Chiviacowsky, Wulf, Medeiros, Kaefer, e Wally (2008) analisaram a aprendizagem motora em crianças comparando dois grupos de frequência de feedback autocontrolada: um grupo com as crianças que solicitaram mais CR, e outro grupo com as que solicitaram menos CR, sendo excluídas do estudo as crianças que solicitaram frequências intermediárias de CR. A tarefa utilizada nesse estudo foi a mesma do estudo anterior. Os resultados mostraram maior eficiência na aprendizagem para o grupo que solicitou mais CR, sendo justificado pelos autores que o outro grupo, mesmo com o controle de quando solicitar o CR, pode não ter sido tão eficaz por não ter solicitado informações suficientes para atingir um melhor nível de aprendizagem (CHIVIACOWSKY, WULF, MEDEIROS, KAEFER, WALLY, 2008).

Em outro experimento, com objetivo semelhante ao estudo anterior, foram comparados os efeitos da frequência de CR externamente controlada e autocontrolada, na aprendizagem de uma habilidade motora discreta em idosos. Os resultados mostraram uma forte tendência de superioridade ao grupo que realizou a fase de aquisição de forma autocontrolada, embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa. Assim, ao contrário dos resultados apresentados em

adultos, a frequência autocontrolada em idosos pode não proporcionar os melhores índices de aprendizagem motora. Os autores colocam que os benefícios encontrados para os adultos, em relação a essa variável, não podem ser extrapolados para diferentes níveis de desenvolvimento motor, já que em idosos a frequência autocontrolada pode não proporcionar melhores níveis de aprendizagem em relação a frequências externamente controladas, apesar de forte tendência à superioridade (CHIVIACOWSKY, MEDEIROS, SCHILD, AFONSO, 2006).

Conforme visto anteriormente, é possível observar que, com os avanços dos estudos da área de AM, especificamente com a variável feedback, os pesquisadores foram aperfeiçoando os estudos, tendo, por exemplo, a inclusão dos testes de retenção. Apesar da confirmação desses resultados, ainda existem poucos estudos com a variável feedback autocontrolada. Levando em conta a importância desse assunto para a área de aprendizagem motora, tornam-se necessárias mais pesquisas com esse tema, a fim de esclarecer melhor seus benefícios e as melhores formas de utilizar essa variável na prática.

## 2.4 Doença de Parkinson

Em 1817, James Parkinson em sua monografia, com o título “Um ensaio sobre a paralisia de Shaking” não imaginava que descreveria uma patologia desconhecida que mais tarde ostentaria seu nome. Em seu estudo analisou seis casos, três dos quais pessoalmente examinados e os outros três observados através do comportamento das pessoas nas ruas de Londres. Eram pessoas com movimentos trêmulos involuntários, com menor força muscular, movimentos lentos, até mesmo quando apoiados e com propensão a inclinar o tronco para frente quando passava da caminhada para a corrida (KEMPSTER, HURWITZ, LEES, 2007). Meio século mais tarde, Jean Marie Charcot acrescentou anormalidades no tônus muscular e cognição e deu crédito a Parkinson denominando a doença como Mal de Parkinson ou Doença de Parkinson (FREITAS, PY, NERI, 2002).

Entre as patologias que afetam o sistema nervoso central, a Doença de Parkinson merece uma atenção especial, pois inclui uma das mais frequentes patologias neurológicas. Estudos, no Brasil, não especificam a incidência exata dessa doença, mas, nos Estados Unidos, constataram que a incidência da DP aumenta acentuadamente com o aumento da idade. Entre 50 e 59 anos, a incidência da DP é de 17,4, em 100.000 pessoas, já entre 70 e 79 anos essa taxa passa para 93,1 por 100.000 (BOWER MARAGANORE, McDONNELL, ROCCA, 1999).

A DP é definida como uma desordem neurológica progressiva, caracterizada por um grande número de limitações motoras e não motoras, as quais têm um impacto sobre a função com grau variado. O início da doença ocorre geralmente próximo aos 60 anos de idade, acometendo igualmente ambos os sexos e diferentes raças (JANCOVIC, 2008).

Devido à etiologia da DP ainda não ser totalmente conhecida, ela é considerada como uma desordem neurológica accidental. Contudo, estudos supõem a participação de alguns mecanismos patogênicos no desenvolvimento da patologia, por exemplo: mutações genéticas, aumento de estresse oxidativo, disfunção mitocondrial e excitotoxicidade (Jankovic, 2008). O envelhecimento, entretanto, é o principal fator de risco, embora 10% das pessoas com Parkinson apresentem idade inferior a 45 anos. Também parece ocorrer uma diminuição da incidência da patologia a partir da nona década de vida (TAYLOR, COUNSELL, GORDON, HARRIS, 2005).

A DP é uma patologia com caráter degenerativo, sendo caracterizada pela perda progressiva de neurônios da parte compacta da substância negra, situada no mesencéfalo, tendo por função a produção de dopamina - substância química denominada de neurotransmissor, com a função de realizar a transmissão de sinais entre as células do sistema nervoso. Em condições normais, a dopamina é transportada para o Corpo Estriado, o qual é formado pelo Núcleo Caudado e Putamem. Em condições não patológicas, o putamem aciona o globo pálido (globo pálido, núcleo caudado, putamem, núcleo subtalâmico e substância negra formam os núcleos da base) e este se comunica com outras estruturas do sistema nervoso central para a produção dos movimentos. A degeneração dos neurônios da substância negra é irreversível, logo resultando na diminuição da produção de

dopamina. Esta deficiência leva a alterações funcionais dos núcleos da base, provocando o aparecimento dos principais sinais e sintomas da doença (REIS, 2004).

Os sinais e sintomas mais característicos são expressos pela Síndrome Parkinsoniana, decorrente de alterações nas vias dopaminérgicas. Outros distúrbios ocorrem por alteração de estruturas fora do circuito dos gânglios da base, tais como: demência, alterações da voz, seborréia e tendência à hipotensão. A Síndrome Parkinsoniana, ou seja, o conjunto de sinais e sintomas mais característicos da doença de Parkinson é considerado um dos mais comuns distúrbios do movimento, apresentando-se com quatro componentes básicos: bradicinesia (ou acinesia), tremor, rigidez muscular e instabilidade postural. Para a confirmação do diagnóstico, pelo menos dois desses sinais são necessários (PIEMONTE, 2003; POST, MERKUS, HAAN, SPEELMAN, 2007).

O tremor é um dos sinais mais conhecidos da doença e, muitas vezes, é ele que anuncia o aparecimento do Parkinson, caracterizado como um movimento rítmico, oscilatório repetitivo, que ocorre involuntariamente, manifestando-se com maior frequência nos membros superiores e membros inferiores. O tremor ocorre principalmente quando a mão está em repouso, sendo esse órgão que envolve a forma mais acentuada deste sinal, entre o polegar e o dedo indicador, os quais realizam um movimento que lembra o enrolar de um objeto. De uma forma geral, os tremores diminuem quando o paciente movimenta voluntariamente o membro afetado e desaparecem durante o sono (PIEMONTE, 2003).

A rigidez muscular é outra anormalidade motora frequentemente presente na doença de Parkinson. Assim, para o melhor entendimento dessa anormalidade, é preciso conhecer o funcionamento normal do Sistema Muscular, em que os músculos, durante um movimento voluntário, atuam de maneira sinérgica, ou seja, quando um grupo muscular contrai-se para executar um movimento, o grupo oposto relaxa-se. Com essa harmonia entre os grupos musculares, ocorre um movimento preciso e com menor gasto energético (REIS, 2004; FREITAS, PY, NERI, 2002).

O paciente com a DP que desenvolve a rigidez muscular apresenta uma hipertonia muscular (aumento da tensão normal de um músculo), principalmente, nos grupos flexores, o que acarreta uma dificuldade contínua ou intermitente no

movimento articular, configurando-se como sinal de roda denteadas. Outro sinal que configura clinicamente a rigidez muscular é a exacerbção dos reflexos tónicos segmentares (REIS, 2004; JANKOVIC, 2008).

A bradicinesia é denominada como uma diminuição dos movimentos normais do ser humano, devido a uma incapacidade de comando muscular. Em pacientes com a DP, a bradicinesia é observada quando o paciente está sentado e vai levantar-se; o movimento é muito lento, demorando a ser iniciado. Outro exemplo é a demora do paciente começar a caminhar, já estando em pé. Sinais secundários começam a se desenvolver devido à diminuição dos movimentos, tal como a marcha, o arrastar dos pés, ou em casos mais evoluídos da doença, a marcha em bloco (marcha sem o movimento associado dos membros superiores). Um sinal da doença mais avançado é a acinesia, ou seja, o paciente fica bloqueado para movimentar-se por algum tempo, sentindo-se rígido ou duro. Essas crises raramente duram mais que um minuto e são transitórias (PIEMONTE, 2003).

A instabilidade postural - distúrbio não muito comum nas fases iniciais da doença - surge em decorrência da perda dos reflexos de readaptação postural, causada a partir da rigidez muscular. Esse distúrbio causa uma postura de encurvamento e projeção para frente, denominado de propulsão. Essa postura, acompanhada da perda da mobilidade normal dos membros superiores, durante a marcha, são condições significativas para a instabilidade postural, o que apresenta um risco enorme de quedas e ferimentos aos pacientes parkinsonianos (REIS, 2004; JANKOVIC, 2008).

Os pacientes apresentam, também, algumas complicações não motoras podendo ser cognitivas, psiquiátricas e autonômicas. As complicações cognitivas, quando presentes em casos iniciais, não apresentam grandes repercussões; entretanto, em casos mais avançados da doença podem levar a quadros demenciais. As alterações psiquiátricas são caracterizadas, na maior parte, por quadros de depressão, podendo estar presentes em qualquer fase da doença. Já as autonômicas podem se apresentar da seguinte forma: seborreia, hipotensão postural, alterações de esfíncter vesical, sendo a alteração mais frequente, a obstipação intestinal (PIEMONTE, 2003; REIS, 2004).

Frente a todos esses sinais e sintomas citados acima, uma das grandes dificuldades da DP é fazer o diagnóstico diferencial dessa patologia brevemente. Pois o início é gradual, e os primeiros sintomas podem ser percebidos ou mal interpretados por muito tempo. A fadiga e a rigidez são comuns nas fases iniciais da doença, embora não sejam as queixas mais específicas da doença. Os primeiros sinais físicos são erroneamente atribuídos à velhice, à miséria, à introspecção ou ao reumatismo, não sendo incomum, dessa forma, ocorrer um atraso de dois a três anos para o diagnóstico definitivo e correto de Parkinson (TAYLOR, COUNSELL, GORDON, HARRIS, 2005).

Somente após o diagnóstico diferencial de Parkinson, é que o paciente vai receber um tratamento mais adequado e mais efetivo para enfrentar seus sinais e sintomas. Para uma melhor compreensão desse tratamento, é bom destacar os três tipos de tratamento possíveis: o clínico ou medicamentoso, o cirúrgico e os complementares (REIS, 2004).

O tratamento clínico ou medicamentoso consiste basicamente em minimizar o desequilíbrio de neurotransmissores em nível estriatal, ou seja, aumentar a atividade dopaminérgica e reduzir a colinérgica. Para isso são usadas drogas que aumentam a atividade dopaminérgica, sendo a levodopa a mais conhecida, e as que reduzem a atividade colinérgica, conhecidas como anticolinérgicos. A levodopa é ainda considerada a melhor droga para a DP, mas seu uso em longo prazo é associado a uma série de efeitos adversos tais como a perda da eficácia, oscilações no desempenho motor, discinesias e complicações neuropsiquiátricas. Além disso, a levodopa não apresenta benefícios clínicos para complicações da doença, como por exemplo, a instabilidade postural e a acinesia súbita. Por isso ainda existe uma busca intensa por novas drogas para o tratamento da DP, que visam a tratar ou a retardar o aparecimento das flutuações motoras. Essa dificuldade encontrada no tratamento medicamentoso levou ao desenvolvimento de outras opções terapêuticas, o tratamento cirúrgico (TEIXEIRA & CARDOSO, 2004).

O tratamento cirúrgico, da mesma forma que os outros tratamentos, foi se aperfeiçoando com a evolução dos estudos sobre a doença. As primeiras cirurgias para o combate aos sinais e sintomas da DP foram realizadas antes da descoberta do levodopa, sendo chamadas de talatomias. Anos mais tarde, foi descoberta a

palidotomia, procedimento mais efetivo do que a talatomia, para o combate da rigidez muscular e a bradicinesia. Mais recentemente começou a ser utilizada para o tratamento do Parkinson a Estimulação Cerebral Profunda, a partir da implantação de um eletrodo estereotaxicamente no núcleo-alvo e um gerador de pulso subcutâneo na região torácica, semelhante a um marcapasso. Este procedimento tem a vantagem de ser reversível e apresenta como desvantagem o custo e os ajustes periódicos do gerador de pulso (PIEMONTE, 2003; REIS, 2004).

Os tratamentos complementares - compostos por psicoterapias, fonoaudiologia, fisioterapia entre outros - podem ser realizados de acordo com as necessidades e com a progressão da doença de cada paciente. Entretanto, para o sucesso de um tratamento, é necessária a inter-relação de dois ou mais tratamentos, sendo fundamental a especificidade para cada caso, pois, como já exposto anteriormente, existe uma grande variedade de complicações nessa patologia. Para um melhor acompanhamento das deficiências e incapacidades dos parkinsonianos e da evolução da doença foram criadas escalas, a fim de facilitar esse controle e proporcionar uma classificação da patologia permitindo um tratamento mais adequado para as necessidades específicas de cada paciente.

A escala de Hoehn e Yahr é um dos exemplos comumente usados para avaliar grupos de pacientes e fornecer avaliação bruta da progressão da doença, variando do estágio zero (sem sinais clínicos da doença) ao estágio cinco (pacientes cadeirantes ou acamados devido a DP). Outra bastante usada é a Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (*Unified Parkinson's Disease Rating Scale – UPDRS*), que avalia os sinais, sintomas e determinadas atividades dos pacientes por meio do autorrelato. É composta por 42 itens, divididos em quatro partes: atividade mental, comportamento e humor; atividades de vida diária (AVDs); exploração motora e complicações da terapia medicamentosa. A UPDRS é uma escala que apresenta confiabilidade e validade, o que a qualifica como um método adequado para a avaliação da DP. Estudos que utilizam essa escala sugerem que a evolução da doença não é linear, existindo uma deterioração variável e maior nas fases iniciais da doença e em pacientes com instabilidade postural (LANG, 2007; POST, MERKUS, HAAN, SPEELMAN, 2007).

## 2.5 Doença de Parkinson e Aprendizagem Motora

A reabilitação motora pode ser considerada, na maioria das vezes, um processo de (re)aprendizagem de movimentos, a fim de satisfazer as necessidades pessoais dos indivíduos. Essa (re)aprendizagem é baseada em prática e treinamento, os quais levam a uma melhora no desempenho das tarefas (KRAKAUER, 2006). Nesse contexto insere-se o fenômeno da aprendizagem motora.

Os benefícios da aprendizagem motora ainda são pouco explorados em diversas áreas de atuação; na Educação Física Escolar, por exemplo, aparecem como forma de otimizar práticas que objetivam a aquisição de habilidades motoras; já, na Fisioterapia, com os processos de reabilitação. Profissionais da área da reabilitação neurológica carecem muitas vezes de conhecimentos acerca da aprendizagem motora e, devido a isso, a (re)aprendizagem não é subsidiada pelos resultados de pesquisa na área, que poderiam qualificar planejamentos e protocolos de intervenção (ABRUZZESE, TROMPETTO, MARINELLI, 2009).

Os profissionais do movimento, nos últimos anos, estão se preocupando, cada vez mais, com a relação da DP ao treinamento motor. Estudos demonstram que os tratamentos multidisciplinares podem contribuir para a prevenção do aparecimento de complicações secundárias - como a redução da mobilidade que serve para ensinar e treinar pacientes com DP na utilização de estratégias compensatórias, a fim de melhorar capacidades funcionais e compensar as atividades que já estão limitadas (KEUS, BLOEM, HENDRIKS, BREDERO-COHEN, MUNNEKE, 2007).

Estudos recentes sugerem que pacientes neurológicos, mais especificamente portadores da DP, são capazes de melhorar o desempenho motor através da prática, apesar da persistência e da quantidade de benefícios clínicos serem variáveis e menores em sujeitos sem comprometimento neurológico (ONLA-OR & WINSTEIN, 2008).

Behrman, Cauragh, Light (2000) avaliaram o efeito da prática no desempenho motor em um grupo de parkinsonianos e em um grupo controle. O estudo compreendia duas tarefas rápidas, realizadas com os braços e com diferentes níveis de complexidade. Cada grupo realizava 120 repetições, em um período de dois dias, e, então, a aprendizagem era testada através de testes de retenção, dez minutos e 48h após o término das tarefas. Os autores, comparando os pré-testes com os testes de retenção, concluíram que a prática é uma estratégia de reabilitação efetiva para melhorar o desempenho motor de tarefas específicas para pacientes com Parkinson.

Em outro estudo com adultos com DP e adultos sem comprometimento neurológico (grupo controle), pareados em idade, foram investigados os efeitos da prática randômica e da prática em blocos sobre a variável interferência contextual, na aprendizagem motora. O grupo dos adultos com Parkinson foi dividido em dois sub-grupos: um que realizou as tarefas de forma randômica, e o outro sub-grupo com distribuição em bloco, com o grupo controle sendo dividido da mesma forma. Os menores índices de erros foram para o grupo controle, quando comparados com o grupo de parkinsonianos. Na comparação entre os grupos controle, com diferentes tipos de prática, foram encontrados menores índices de erros para o grupo que realizou as tarefas de forma randômica. Ao analisar os subgrupos de parkinsonianos, os menores índices de erros foram para o grupo que realizou as tarefas com distribuição em bloco (CHIEN-HO, SULLIVAN, WU, KANTAK, WINSTEIN, 2007). Com base nesses dados, os autores propõem que, em processos de reabilitação motora, deve-se tomar cuidado na determinação do planejamento e dos protocolos escolhidos. Portanto, deve-se levar em conta o nível de dificuldade da tarefa, as diferenças individuais e os efeitos da ordem das tarefas praticadas, pois a aprendizagem de uma habilidade motora pode depender de uma série de fatores.

Em 2008, Onla-Or e Weinstein realizaram um estudo com quatro grupos de adultos, sendo também dois grupos de parkinsonianos e dois grupos controles. Os pesquisadores utilizaram, como tarefa, a movimentação de uma manivela, com o deslocamento e o tempo informados por um monitor antes de cada tentativa. O deslocamento era constante, mas havia três variações de tempo para realizar a tarefa, sendo que definiram diferentes níveis de dificuldade a partir da velocidade da

tarefa, ou seja, a tarefa tinha maior grau de dificuldade quando se solicitava um menor tempo para realizá-la. Também foram definidos dois tipos de tarefa: tarefas com baixa demanda, com prática em bloco frequência de conhecimento de resultados de 100%; e tarefas com alta demanda, definidas por uma ordem de prática randômica e frequência de conhecimento de resultados de 60%. O estudo foi realizado em três dias, sendo que os dois primeiros dias foram de fase de aquisição, onde os participantes realizaram 3 blocos de 45 tentativas em cada dia, totalizando 270 tentativas de prática durante essa fase. No terceiro dia, foi realizada a fase retenção, com a mesma tarefa dos dias anteriores, mas sem nenhum feedback. Esse estudo mostrou que o nível de dificuldade da tarefa a ser aprendida, nas condições de prática apresentadas no estudo, desempenha um papel crítico na capacidade de aprendizagem do grupo de parkinsonianos. Sob uma prática com demanda baixa, o nível de aprendizagem dos parkinsonianos foi semelhante ao grupo controle, quando o nível de dificuldade era baixo. Entretanto, quando expostos ao nível de dificuldade alto, apresentaram déficits na aprendizagem. Já, quando os participantes foram expostos à demanda alta, surpreendentemente, o nível de AM dos parkinsonianos foi semelhante ao grupo controle, mas apenas para os parkinsonianos que realizaram o teste de retenção, semelhante ao realizado durante a fase de aquisição. Dessa forma, destaca-se a importância do contexto específico para a aprendizagem motora em parkinsonianos. Os autores concluíram que os parkinsonianos não são suficientemente desafiados durante suas reabilitações, complementando que o efeito da aprendizagem, em um contexto específico, sugere implicações na transferência de aprendizagem, fator importante para o futuro das pesquisas de investigação na aprendizagem motora, especialmente para a capacidade de compreender a aprendizagem em adultos com DP.

Em outro experimento, os pesquisadores Guadagnoli, Leis, Van Gemmert, Stelmach (2002) relacionaram a aprendizagem motora com a DP utilizando como variável o feedback extrínseco. Esse estudo observou o efeito da variação da frequência de CR (20% e 100%) na aprendizagem motora, em um grupo de parkinsonianos e em um grupo controle, os quais foram pareados por idade e realizaram uma tarefa laboratorial, de controle temporal. O estudo foi realizado em dois momentos: a fase de aquisição, na qual a tarefa foi repetida 45 vezes, em três blocos de 15 repetições. Após 10 minutos do término dessa fase, iniciou-se a fase

de retenção com mais 15 repetições. Os resultados do estudo mostraram que frequências elevadas de feedback (CR 100%) favoreceram a aprendizagem motora para o grupo de parkinsonianos, obtendo melhores índices nas fases de aquisição e retenção com a frequência de CR do que o grupo de parkinsonianos que realizou com frequências de 20% de CR. Ao contrário, o grupo controle obteve melhores índices de acerto, nas duas fases do estudo, quando exposto a frequências reduzidas (CR 20%). Esses achados são justificados com a hipótese de que a DP degrada a função dos gânglios da base que têm a função de fornecer informações internas para o sistema motor. Essa caracterização pode ajudar a explicar por que os pacientes com Parkinson podem aumentar a eficiência do controle motor quando submetidos a uma maior frequência de informações externas.

O feedback está presente em poucos estudos envolvendo a DP, com a finalidade de buscar mais conhecimentos acerca dessa patologia e com o objetivo de proporcionar aos indivíduos portadores da DP tratamentos cada vez mais especializados. Jenkinson, Edelstyn, Stephens e Ellis (2009) realizaram um estudo para investigar anosognosia (desconhecimento de uma doença ou distúrbio) para as discinesias (alteração em movimentos voluntários ou movimentos involuntários induzidos pela utilização de fármacos) na DP. Para avaliar esse distúrbio, os pesquisadores utilizaram uma tarefa manual com 17 indivíduos com a DP, sendo que destes, seis apresentavam anosognosia e 22 indivíduos sem comprometimento neurológico. Durante a execução da tarefa, era fornecido feedback visual (por um espelho), a fim de avaliar a discrepância entre os movimentos reais e os movimentos desejados. Os resultados mostraram que os parkinsonianos com anosognosia não relataram diferença entre os movimentos congruentes e incongruentes, enquanto que os indivíduos sem comprometimento neurológico e os parkinsonianos sem anosognosia relataram os movimentos incongruentes como sensação de um movimento estranho. Dessa forma, os pesquisadores sustentam a anosognosia para discinesias como uma suposta dificuldade na detecção de erros.

Recentemente, Chiviacowsky, Campos e Domingues (2010) realizaram um estudo com o objetivo de investigar diferentes frequências de feedback extrínseco (66% e 100%) em sujeitos que apresentam diagnóstico clínico de Doença de Parkinson, com estadiamento clínico da patologia entre dois e três, segundo a escala de Hoehn e Yahr (HOEHN & YAHR, 1967, apud GOETZ, POEWE, RASCOL,

SAMPAIO, STEBBINS, COUNSELL, GILADI, HOLLOWAY, MOORE, WENNING, YAHAR, SEIDL, 2004). Os resultados foram favoráveis à frequência de 66%. Entretanto, os autores concluem que frequências reduzidas de CR podem ser eficazes, para a aquisição de uma nova habilidade motora na Doença de Parkinson.

Portanto, cabe ao terapeuta a função de fornecer o feedback necessário para ajudar no aprendizado de forma mais eficaz, sendo que, durante a fase de reabilitação de pacientes com AVC, o feedback extrínseco é dado de forma intuitiva por muito tempo (TALVITIE, 2000).

### **3 JUSTIFICATIVA**

A prática é considerada um dos mais influentes fatores para a aquisição de uma habilidade motora; entretanto, existem outros fatores que devem ser considerados nesse processo, como o feedback. Embora esses dois fatores sejam fundamentais para o processo de aprendizagem motora, deve-se ter muito cuidado no planejamento das sessões de prática, principalmente para sujeitos com algum déficit neurológico.

Um estudo recente mostrou que sujeitos com a DP comportam-se de forma diferente de sujeitos sem comprometimento neurológico quanto à organização da prática (prática randômica e prática em bloco), outro fator que influencia na aprendizagem motora. Os autores mostraram que para os parkinsonianos a prática em bloco favorece a aprendizagem, ao contrário do encontrado em idosos sem comprometimento neurológico (CHIEN-HO, SULLIVAN, WU, KANTAK, WINSTEIN, 2007). Entretanto, Campos e Chiviacowsky (2009) realizaram um estudo com a variável feedback externamente controlado em sujeitos com DP, e os resultados sugerem que frequências reduzidas podem favorecer a aprendizagem motora nesses sujeitos. Mas ainda não existem estudos com feedback autocontrolado em parkinsonianos, e esse arranjo de CR pode influenciá-los no processo de aprendizagem.

Nos últimos anos, muitos estudos estão sendo realizados com a variável feedback autocontrolado, sendo demonstrado que essa variável favorece a aprendizagem, pois atende as necessidades do aprendiz mais adequadamente e envolve-o mais ativamente nesse processo, o que o torna mais motivado para a realização das tarefas (CHIVIACOWSKY & WULF, 2002; CHIVIACOWSKY, MEDEIROS, SCHILD, AFONSO, 2006; CHIVIACOWSKY, MEDEIROS, KAEFER, 2007; CHIVIACOWSKY, WULF, MEDEIROS, KAEFER, WALLY, 2008; CHIVIACOWSKY, PINHO, ALVES, SCHILD, 2008). Outra comprovação dessa variável é a preferência do recebimento de CR após boas tentativas e, quando o aprendiz detém o controle do fornecimento, solicita a informação, após acreditar ter realizado uma boa tentativa (CHIVIACOWSKY e WULF, 2002).

Por fim, esse estudo justifica-se pela importância da variável feedback autocontrolado no processo de aprendizagem motora e pela ausência na literatura científica de estudos com esse tema. O conhecimento dos efeitos desse arranjo, na DP, irá facilitar o planejamento de sessões de prática com parkinsonianos, obtendo a possibilidade de utilizar os conhecimentos aqui adquiridos para se dar uma atenção mais específica aos sujeitos que apresentam essa patologia.

#### **4.OBJETIVOS**

Este estudo tem por objetivo investigar os efeitos da frequência autocontrolada de conhecimento de resultados, na aquisição de uma habilidade motora, com demanda de controle espacial em sujeitos adultos com a Doença de Parkinson.

## 5 HIPÓTESE

Tendo como base os resultados da literatura, espera-se que o grupo com arranjo autocontrolado de CR apresente maior aprendizagem que o grupo com arranjo externamente controlado de CR.

## 6 METODOLOGIA

### 6.1 Delineamento

O presente estudo apresentará um nível de análise comportamental. Para essa análise será adotado um delineamento quase-experimental, pois, segundo Thomas e Nelson (2002), essa caracterização pode ser dada para experimentos com grupos equivalentes, não havendo grupo controle, sendo os delineamentos estruturados de forma idêntica para ambos os grupos.

### 6.2 População Alvo

Indivíduos com o diagnóstico da Doença de Parkinson, residentes na cidade de Pelotas, vinculados à Associação Pelotense de Parkinsonianos (APP).

### 6.3 Amostra

Participarão do estudo, 30 parkinsonianos vinculados à APP, de ambos os sexos, com estadiamento clínico da doença dentro da classificação dois ou três da escala de Hoehn e Yahr (HOEHN & YAHR, 1967, apud GOETZ, POEWE, RASCOL, SAMPAIO, STEBBINS, COUNSELL, GILADI, HOLLOWAY, MOORE, WENNING, YAHAR, SEIDL, 2004). Todos os associados à APP apresentam uma ficha de inscrição, na qual consta o item diagnóstico clínico dessa patologia. O diagnóstico é confirmado com um atestado fornecido pelo médico de cada associado. A amostra será por conveniência e os sujeitos serão alocados para um dos dois grupos aleatoriamente, compostos de 15 sujeitos, os quais não possuirão conhecimento sobre os objetivos do experimento e não possuirão experiência anterior com a tarefa. Todos os sujeitos que irão participar do estudo são inexperientes em estudos de Aprendizagem Motora. A execução das tarefas apresentará um risco mínimo, aos participantes, em relação a fatores físicos e/ou psicológicos. Esse estudo será submetido ao Comitê de Ética da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas, sendo que todos os sujeitos participarão como voluntários e assinarão um termo de consentimento livre e esclarecido para a participação.

### 6.4 Justificativa para escolha da amostra

O número de sujeitos da amostra desse estudo teve como base experimentos que abordaram objetivos semelhantes aos de Guadagnoli, Leis, Van Gemmert, Stelmach (2002); Chien-Ho, Sullivan, Wu, Kantak, Winstein (2007); Onla-Or & Winstein (2008); Campos & Chiviacowsky (2009). Com base nesses estudos, acredita-se que 30 é um número de amostra suficiente para a realização desse experimento.

## 6.5 Equipamento e Tarefa Motora

Será utilizado um aparelho de posicionamento linear, composto por uma régua acoplada a um cursor, o qual será manipulado pelos sujeitos. Para a avaliação do estadiamento clínico da DP, será utilizada, como instrumento desse estudo, a escala de Hoehn e Yahr, conforme Goetz, Poewe, Rascol, Sampaio, Stebbins, Counsell, Giladi, Holloway, Moore, Wenning, Yahr, Seidl (2004).

A tarefa escolhida será semelhante a utilizada no estudo de Chiviacowsky, Insaurriaga, Silva & Kruger (2009) a qual envolve deslocar um cursor sobre uma régua fixa, realizando um ziguezague da direita para a esquerda e finalizando com um movimento sequencial da esquerda para a direita, com o objetivo de alcançar uma determinada distância do ponto inicial. A tarefa será realizada com o membro dominante, sem a visualização do implemento. Nas fases de aquisição e retenção, o objetivo será o de posicionar o cursor a uma distância de 60 cm do ponto inicial. Já na fase de transferência, o objetivo será o de posicionar a uma distância de 50 cm do ponto inicial.

## 6.6 Delineamento experimental e Procedimentos

Inicialmente os sujeitos terão conhecimento do termo de consentimento livre e esclarecido sobre a natureza, os riscos e as etapas do estudo. Se houver concordância em participar, cada sujeito assinará o termo e após serão avaliados pela escala de Hoehn e Yahr, (HOEHN & YAHR, 1967). Serão convidados a participarem do estudo somente os sujeitos que apresentarem escores entre dois e três dessa escala.

O experimento será composto por três fases: fase de aquisição - serão realizadas 30 tentativas com um objetivo pré-determinado e será fornecido CR de

acordo com o grupo ao qual o sujeito fizer parte; fase de retenção - serão realizadas 10 tentativas com o mesmo objetivo da fase de aquisição, mas sem o fornecimento de CR, e fase de transferência - serão realizadas 10 tentativas sem fornecimento de CR e com objetivo diferente das fases anteriores. O número de tentativas da fase de aquisição foi determinado após estudo piloto, a fim de verificar o número necessário para alcançar a estabilização.

A amostra será dividida aleatoriamente em dois grupos da seguinte forma: 15 sujeitos para o grupo que receberá frequência de CR autocontrolada e 15 sujeitos para o grupo *yoked*. O grupo autocontrolado receberá CR somente quando solicitado, sendo informado que deverá solicitar informação de CR somente quando achar que necessita dela, e, ainda, que os testes posteriores serão realizados sem o fornecimento de feedback extrínseco. O grupo *yoked* receberá informações de CR na mesma sequência e quantidade do grupo autocontrolado, mas não terá a possibilidade de decidir o momento de solicitar o CR. Ainda, será informado a este grupo que receberão informações de CR aleatoriamente, sendo sempre sobre a última tentativa.

Durante a fase de aquisição, as tentativas serão realizadas com intervalo de 10 segundos entre cada uma. Após as tentativas em que o CR for solicitado, pelos sujeitos do grupo autocontrolado, será dado um intervalo de cinco segundos para a apresentação do CR e mais cinco segundos até a próxima tentativa, somando um intervalo de 10 segundos intertentativas. Para o grupo *yoked* será utilizado o mesmo regime, sendo que as informações serão dadas aleatoriamente (equiparadas ao grupo autocontrolado) pelo experimentador, também com intervalo de cinco segundos após o final da tentativa. As fases de retenção e transferência serão realizadas 24h após a fase de aquisição, com 10 tentativas em cada fase e com um intervalo de um minuto entre cada fase.

Cada sujeito será conduzido ao local do experimento pelo pesquisador. A seguir, será pedido que ele, o experimentado, escute com atenção as instruções da tarefa a ser executada. Após será pedido para o sujeito sentar com o seu ombro do membro não dominante, em frente ao cursor e de forma que sua mão dominante alcance ao cursor com facilidade.

Será explicado ao sujeito que a tarefa compreende movimentar o cursor, do início da régua até a distância escolhida, realizando obrigatoriamente um movimento de vai-vem com o cursor, soltando-o, então. O cursor será colocado na posição inicial, após cada tentativa, pelo experimentador.

Para a realização do experimento, será utilizada uma sala especialmente reservada para esse fim, a qual será cedida pela APP. No momento das avaliações, estarão presentes na sala somente o experimentador e um sujeito da pesquisa.

## 6.7 Análise dos dados

As curvas de desempenho serão traçadas em função dos blocos de tentativas, tendo como medida de variável dependente a média dos erros obtidos em cada bloco. Para a fase de aquisição serão realizadas comparações das médias, sendo estas organizadas em seis blocos de cinco tentativas. Já, as fases de retenção e transferência irão constar de apenas um bloco de 10 tentativas. Serão realizadas Análises de Variância (ANOVA) para verificar as eventuais variações entre blocos e grupos, em todas as fases do experimento, separadamente para cada fase. Os dados serão analisados através do programa estatístico SPSS.

## 7 REFERÊNCIAS

ABBUZZESE, G., TROMPETTO, C., MARINELLI, L. "The rationale for motor learning in Parkinson's disease." *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* **45**.2009.

ADAMS, J. A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-149. 1971.

BAIRD, I.S.; HUGHES, G. H. Effects of frequency and specificity of information feedback on acquisition and extinction of a positioning task. *Perceptual and Motor Skills*, v.34, p.567-572. 1972.

BARTLLET, F.C. *Remembering: A Study in experimental and social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.

BEHRMAN, A. L., CAURAGH, J.H., LIGHT, K.E. "Practice as an intervention to improve speeded motor performance and motor learning in Parkinson's disease." *J Neurol Sci* **15**: 127-36.2000.

BILODEAU, E. A., & BILODEAU, I. M. Variable frequency of knowledge of results and the learning of a simple skill. *Journal of Experimental Psychology*, 55, 379-383. 1958.

BOWER, J. H., MARAGANORE, D.M., MCDONNELL, S.K., ROCCA, W.A. "Incidence and distribution of parkinsonism in Olmsted County, Minnesota, 1976-1990." *Neurology* **52**(6): 1214-1220.1999.

BUTLER, M.S., REEVE, T.G., FISCHMAN, M.G. Incidence and distribution of parkinsonism in Olmsted County, Minnesota, 1976-1990. *Neurology*. 56(2) 1214-1220. 1996.

CAMPOS, T.P., CHIVIACOWSKY, S. Efeitos da frequência de conhecimento de resultados na aprendizagem de uma tarefa motora com demanda de controle espacial em idosos com a Doença de Parkinson. *XXVIII Simpósio Nacional de Educação Física*. 2009.

CASTRO, I.J. Efeitos da freqüência relativa do feedback extrínseco na aprendizagem de uma habilidade motora discreta simples. 1988. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHIEN-HO, J. L., SULLIVAN, K.J., WU, A.D., KANTAK, S., WINSTEIN, C.J. "Effect of Task Practice Order on Motor Skill Learning in Adults With Parkinson Disease: A Pilot Study." *Physical Therapy* **87**(9): 1120-1131. 2007.

CHIVIACOWSKY, S. & WULF, G. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.76, p.42-48. 2005.

CHIVIACOWSKY, S. Freqüência absoluta e relativa do conhecimento de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora em crianças. *Revista Kinesis*, v.14, p. 39-56. 1994.

CHIVIACOWSKY, S. MEDEIROS, F.L., KAEFER, A. "Feedback" auto-controlado e aprendizagem de uma tarefa motora com demanda de força. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*. 21(1): 27-33. 2007.

CHIVIACOWSKY, S. MEDEIROS, F.L., SCHILD, J.F.G., AFONSO, M.R. Feedback auto-controlado e aprendizagem de uma habilidade motora discreta em idosos. *Revista Portuguesa de Ciências e Desporto*. 6(3):275-280. 2006.

CHIVIACOWSKY, S., INSAURRIAGA, D.C., SILVA, I.O., KRÜGER, J.A. "Efeitos da frequência do conhecimento de resultados na aprendizagem de uma tarefa motora com demanda de controle espacial em deficientes visuais." *Brazilian Journal of Motor Behavior* 4(1): 22-29. 2009.

CHIVIACOWSKY, S., NEVES, C., LOCATELLI, L., OLIVEIRA, C. Aprendizagem Motora em Crianças: Efeitos da Freqüência Autocontrolada de Conhecimento de Resultados. *Revista Brasileira de Ciência e Esporte*. 26(3): 177-190. 2005.

CHIVIACOWSKY, S., PINHO, S.T., ALVES, D., SCHILD, J.F.G. "Feedback" autocontrolado: efeitos na aprendizagem de uma habilidade motora específica do golfe." *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* 22(4): 265-271.2008.

CHIVIACOWSKY, S., WULF, G., MEDEIROS, F., KAEFER, A. Learning benefits of self-controlled knowledge of results in 10-year old children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 79(3): 405-410. 2008.

CHIVIACOWSKY, S., WULF, G.; MEDEIROS, F.L., KAEFER, A., WALLY, R. Self-controlled feedback in children: Higher feedback frequencies enhance learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.79, n.1, p.122-127. 2008.

CHIVIACOWSKY, S.; TANI, G. "Efeitos da Freqüência de Conhecimento de Resultados na Aprendizagem de Diferentes Programas Motores Generalizados. *Revista Paulista de Educação Física* 11(1): 15-26. 1997.

CHIVIACOWSKY, S.; TANI, G. Efeitos da freqüência de conhecimento de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora em crianças. *Revista Paulista de Educação Física*, v.11,1, p.15-26. 1993.

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G. Self-controlled feedback: Does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.73, p.408-415. 2002.

CORRÊA, U. C., BENDA, R.N., TANI, G. (2001). "Estrutura de Prática e Processo Adaptativo na Aquisição do arremesso de dardo de salão." *Revista Brasileira de Ciência e Esporte* 22(2): 69-83.

DUNHAM, P. & MUELLER R. "Effect fading knowledge of results on acquisition, retention, and transfer of a simpli motor task." *Perceptual and Motor Skills* 77: 1187-1192. 1993.

FLASH, T, INZELBERG, R., SCHECHTMAN, E., KORCZYN, A. Kinematic analysis of upper limb trajectories in Parkinson's disease. *Experimental Neurology*, 118, 2, 215-226. 1992.

FREITAS, E. V., PY, L., NERI, A.L. (2002). *Tratado de Geriatria e Gerontologia*. Rio de Janeiro, Guanabara.

GIL, A. C. (1991). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 3<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Atlas.

GODINHO, M. (1992). Informação de retorno e aprendizagem: Influência da freqüência relativa, da precisão e do tempo após conhecimento de resultado sobre o nível de aquisição, retenção e transferência de aprendizagem. Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana.

GOETZ, C.G., POEWE, W., RASCOL, O., SAMPAIO, C., STEBBINS, G.T., COUNSELL, C., GILADI, N., HOLLOWAY, R.G., MOORE, C.G., WENNING, G.K., YAHR, M.D., SEIDL, L. "Movement Disorder Society Task Force Report on the Hoehn and Yahr Staging Scale: Status and Recommendations." *Movement Disorders* 19(9): 1020-1028. 2004.

GONÇALVES, W. R., LAGE, G.M., SILVA, A.B., UGRINOWITSCH, H., BENDA, R.N. "O efeito da interferência contextual em idosos." *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 7(2): 217-224. 2007.

GOODWIN, J. E. & MEEUWSE, H.J. "Using bandwidth knowledge of results to alter relative frequencies during motor skill acquisition." *Research Quartely for Exercise and Sport* 66: 99-104. 1995.

GRAYDON, J., PAIN, L., ELLIS, C., THREADGOLD, R. "Comparison of bandwidth knowledge of results and the relative frequency effect in learning a discrete motor skill." *Journal of Human Movement Studies* **32**: 15-28. 1997.

GUADAGNOLI, M. A., LEIS, B., VAN GEMMERT, A.W.A., STELMACH, G.E. (2002). "The relationship between knowledge of results and motor learning in Parkinsonian patients." *Parkinsonism and Related Disorders* **9**: 89-95.

GUAY, M., SALMONI, A., LAJOIE, Y. "The effects of different knowledge of results spacing and summarizing techniques on the acquisition of a ballistic movement." *Research Quarterly for Exercise and Sport* **70**: 24-32. 1999.

HOEHN, M.M., YAHR, M.D. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967;17:427– 442.

JANELLE, C. M., BARBA, D. A., FREHLICH S. G., TENNANT, L.K., CAURAUGH, J. H. "Maximizing Performance Effectiveness Through Videotape Replay and a Self-controlled Learning Environment." *Research Quarterly for Exercise and Sport* **68**(4): 269-279. 1997.

JANELLE, C. M., KIM, J., SINGER, R. N. "Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill." *Perceptual and Motor Skills* **81**: 627-634. 1995.

JANKOVIC, J. "Parkinson's disease: clinical features and diagnosis." *Journal Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* **79**: 368-376. 2008.

JENKINSON, P. M., EDELSTYN, N.M.J. STEPHENS, R., ELLIS, S.J. "Why Are Some Parkinson Disease Patients Unaware of Their Dyskinesias?" *Cognitive and behavioral neurology* **22**(2): 117-121. 2009.

KEELE, S. W. "Movement Control in Skilled Motor Performance." *Psychological Bulletin* **70**(6): 387-403. 1968.

KEMPSTER, P. A., HURWITZ, B., LEES, A. J. "A new look at James Parkinson's Essay on the Shaking Palsy." *Neurology* **69**: 482-485. KRAKAUER, J. W. (2006). "Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation." *Current Opinion in Neurology* **19**: 84-90. 2007.

KEUS, S. H. J., BLOEM, B.R., HENDRIKS, E.J.M., BREDERO-COHEN, A.B., MUNNEKE, M. "Evidence-Based Analysis of Physical Therapy in Parkinson's Disease with Recommendations for Practice and Research." *Movement Disorders* **22**(4): 451-460. 2007.

KONCZAK, J., CORCOS, D.M., HORAK, F., POIZNER, H., SHAPIRO, M., TUITE, P., VOLKMANN, J., MASCHKE, M. "Proprioception and Motor Control in Parkinson's Disease." *Journal of Motor Behavior* 41(6): 543-552. 2009

KRAKAUER, J. W. "Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation." *Current Opinion in Neurology* 19: 84-90. 2006.

LANG, A. E. "The progression of Parkinson disease: A hypothesis." *Neurology* 68(12): 948-952. 2007.

MAGILL, R. A. (2000). *Aprendizagem Motora: conceitos e aplicações*. São Paulo, Edgard Blücher.

ONLA-Or, S. e C. J. WINSTEIN. "Determining the Optical Challenge Point for Motor Skill Lerarning in Adults with Moderately Severe Parkinson's Disiase." *Neurorehabil Neural Repair* 22(4): 385-395. 2008.

PIEMONTE, M. E. P. (2003). *Programa Semanal de Exercícios para pacientes com Doença de Parkinson* São Paulo, Lemos Editorial.

POST, B., MERKUS, M. P., HAAN, R. J., SPEELMAN, J.D. "Prognostic Factors for the Progression of Parkinson's Disease: A Systematic Review." *Movement Disorder Society* 22(13): 1839-1851. 2007.

REIS, T. (2004). *Doença de Parkinson: Pacientes, Familiares e Cuidadores*. Porto Alegre, Pallotti.

SALMONI, A., SCHMIDT, R. A., & WALTER, C. B. Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355-386. 1984.

SCHMIDT , R. A., YOUNG, D. E., SWINNEN, S. SHAPIRO, D. C. "Summary knowledge of results for skill aquisition: support for the guidance hypothesis. " *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 15: 352-359. 1989.

SCHMIDT R. A. & WRISBERG, C. A. *Aprendizagem Motora: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260. 1975.

SCHMIDT, R. A., LANGE, C., YOUNG, D.E. "Optimizing sumary knowledge of results skill learning." *Human Movement Science* 9: 325-348. 1990.

SHEA, J.B. & MORGAN, R.L. Contextual Interference effects on the acquisition, retention e transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 179-187. 1979.

SIDAWAY, B., MOORE, B., SSHOENFELDER-ZOHDI, B. "Summary and frequency of KR presentation effects on retention of a motor skill." *Research Quarterly for Exercise and Sport* 62: 27-32.

SMITH, P. J., TAYLOR, S. J., WITHERS, K. "Applying bandwidth feedback scheduling to a golf shot." *Research Quarterly for Exercise and Sport* 68: 215-221. 1997.

TALVITIE, U. (2000). "Socio-affective characteristics and properties of extrinsic feedback in physiotherapy." *Physiotherapy Research International*, 5(3): 173-188.

TANI, G. (2008). *Comportamento Motor: Aprendizagem e Desenvolvimento*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.

TAYLOR, A.; NOBLE, C.E. Acquisition and extinction phenomena in human trial-and-error learning under different schedules of reinforcing feedback. *Perceptual and Motor Skills*, v.15, p.31-44. 1962.

TAYLOR, K. S., COUNSELL, C.E., GORDON, J.C., HARRIS, C.E. "Screening for undiagnosed parkinsonism among older people in general practice." *Age and Ageing* 34(5): 501-04. 2005.

TEIXEIRA, A. L. & CARDOSO, F. "Tratamento Inicial da Doença de Parkinson." *Revista de Neurociências* 12(3): 141-146. 2004.

THOMAS, J. & NELSON, J. *Métodos de pesquisa em atividade física e saúde*. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Artmed Editora, 2002.

VLIET, P. M. V. & WULF, G. "Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence?" *Disability and Rehabilitation* 28: 831-840. 2006.

WEEKS, D. L. & SHERWOOD D. E. "A comparison of knowledge of results scheduling methods for promoting motor skill acquisition and retention." *Research Quarterly for Exercise and Sport* 25: 193-201. 1994.

WINSTEIN, C. J. & SCHMIDT R. A. "Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 16: 677-691. 1990.

WINSTEIN, C. J., POHL, P. S., LEWTHWAITE, R. "Effects of physical guidance and knowledge of results on motor learning: support for the guidance hypothesis." *Research Quarterly for Exercise and Sport* **65**(316-323). 1994.

WRIGHT, D. L., SNOWDOWN, S., WILLOUGHBY, D. "Summary KR: how much information is used from the summary?" *Journal of Human Movement Studies* **19**: 119-128. 1990.

WRISBERG, C. A. & Wulf G. "Diminishing the effects of reduced frequency of knowledge of results on generalized motor program learning." *Journal of Motor Behavior* **29**: 17-26. 1997.

WULF, G. "Reducing knowledge of results can produce context effects in movements of the same class." *Journal of Human Movement Studies* **22**(71-84). 1992a

WULF, G. "Attentional focus and motor learning: A review of 10 years of research." *E- Journal Bewegung und Training* **16**: 1-11. 2007.

WULF, G. "The learning of generalized motor programs and motor schemata: effects of KR relative frequency and contextual interference." *Journal of Human Movement Studies* **23**: 53-76. 1992b.

WULF, G. & SCHMIDT, R. A. "The learning of generalized motor programs: reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* **15**: 748-757. 1989.

WULF, G., Höß, M, PRINZ, W. "Instructions for motor learning: differential effects of internal versus external focus of attention." *Journal of Motor Behavior* **30**(2): 169-179. 1998.

WULF, G., LANDERS, M., LEWTHWAITE, R., TÖLLNER, T. "External Focus Instructions Reduce Postural Instability in Individuals With Parkinson Disease." *Physical Therapy* **89**(2): 162-168.2009.

WULF, G., LEE, T. D., SCHMIDT, R. A. "Reducing Knowledge of results about relative versus absolute timing: differential effects on learning." *Journal of Motor Behavior* **26**: 362-369. 1994.

WULF, G., SCHMIDT, R. A. Feedback- induced variability and the learning of generalized motor program. *Journal of Motor Behavior*, **26**, 348-361. 1994.

WULF, G., SCHMIDT, R. A., DEUBEL, H. "Reduced feedback frequency enhances generalized motor programs learning but not parameterization learning." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* **19**: 1134-1150. 1993.

WULF, G.; TOOLE, T. Physical assistance devices in complex motor skill learning: Benefits of a self-controlled practice schedule. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.70, p.265-272. 1999.

ZIMMERMAN, B. J. "A social cognitive view of self-regulated academic learning." *Journal of Educational Psychology* 81(3): 329-339. 1989.

## ANEXO 1

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Pesquisador responsável: Mestrando Tiago Campos

Profª. Drª Suzete Chiviacowsky Clark

Instituição: Universidade Federal de Pelotas - Escola Superior de Educação Física (ESEF)

Endereço: Luiz de Camões, 625 - Bairro Tablada

CEP: 96055-630 - Pelotas/RS

Telefone: (53) 3273-2752 - Fone Fax: (53) 3273-3851

Concordo em participar do estudo “Efeitos da frequência autocontrolada de conhecimento de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora com demanda espacial em adultos com a Doença de Parkinson”. Estou ciente de que estou sendo convidado a participar voluntariamente do mesmo.

**PROCEDIMENTOS:** Fui informado de que o objetivo geral será “investigar os efeitos da frequência autocontrolada de conhecimento de resultados, na aquisição de uma habilidade motora, com demanda de controle espacial em sujeitos adultos com a Doença de Parkinson”, cujos resultados serão mantidos em sigilo e somente serão usadas para fins de pesquisa.

**RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES:** Fui informado de que não existem riscos no estudo.

**BENEFÍCIOS:** O benefício de participar na pesquisa relaciona-se ao fato que os resultados irão ser incorporados ao conhecimento científico e posteriormente a situações de reabilitação.

**PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA:** Como já me foi dito, minha participação neste estudo será voluntária e poderei interrompê-la a qualquer momento.

**DESPESAS:** Eu não terei que pagar por nenhum dos procedimentos, nem receberei compensações financeiras.

**CONFIDENCIALIDADE:** Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante todas as etapas do estudo.

**CONSENTIMENTO:** Recebi claras explicações sobre o estudo, todas registradas neste formulário de consentimento. Os investigadores do estudo responderam e responderão, em qualquer etapa do estudo, a todas as minhas perguntas, até a minha completa satisfação. Portanto, estou de acordo em participar do estudo. Este Formulário de Consentimento Pré-Informado será assinado por mim e arquivado na instituição responsável pela pesquisa.

Nome do participante/representante legal: \_\_\_\_\_ Identidade: \_\_\_\_\_

ASSINATURA: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE DO INVESTIGADOR:** Expliquei a natureza, objetivos, riscos e benefícios deste estudo. Coloquei-me à disposição para perguntas e as respondi em sua totalidade. O participante compreendeu minha explicação e aceitou, sem imposições, assinar este consentimento. Tenho como compromisso utilizar os dados e o material coletado para a publicação de relatórios e artigos científicos referentes a essa pesquisa. Se o participante tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da ESEF/UFPel – Rua Luís de Camões, 625 – CEP: 96055-630 - Pelotas/RS; Telefone:(53)3273-2752.

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL \_\_\_\_\_

## ANEXO 2

## QUESTIONÁRIO

Esta escala é formada por algumas palavras que descrevem diferentes sentimentos e emoções. Leia cada item e marque a resposta apropriada no espaço próximo a cada palavra. Indique exatamente de que forma você se sente agora, isto é, no momento presente. Use a seguinte escala para marcar as suas respostas:

1	2	3	4	5
Levemente ou nada mesmo.	Um pouco	Moderadamente	Bastante	Extremamente

interessado

## irritável

calmo

alerta

\_\_\_\_\_ agitado

\_\_\_\_\_ envergonhado

preocupado

\_\_\_\_\_ inspirado

forte

nervoso

culpado

\_\_\_\_\_ determinado

assustado

atento

hostil

nervoso

entusiasmado

ativo

orgulhoso

amedrontado

Quão confiante você está que conseguirá alcançar o objetivo da tarefa rapidamente?

## Nada confiante confiante

## Extremamente

0      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

Em relação à media das pessoas da sua idade, como você acha que irá desempenhar esta tarefa?

Muito melhor

Na média

Muito pior

## Que a média

que a média

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

## 2. Relatório de Campo

(Dissertação de Mestrado de Tiago Pereira Campos)

## **1. Introdução**

Após a qualificação do projeto de pesquisa, ocorrido em 30 de dezembro de 2009 e feito algumas correções passadas pela banca examinadora deu-se inicio a coleta de dados, a qual tinha por objetivo investigar os efeitos da frequência autocontrolada de conhecimento de resultados, na aquisição de uma habilidade motora com demanda de controle espacial, em sujeitos adultos com a Doença de Parkinson.

Esta pesquisa apresenta um nível de análise comportamental e para essa análise foi adotado um delineamento quase-experimental, segundo Tomas e Nelson, (2002). A pesquisa se caracteriza como laboratorial, com um máximo controle sobre as variáveis que afetam a validade interna.

Os resultados foram obtidos a partir da analise do erro absoluto, para isso foi utilizado um aparelho de posicionamento linear, composto por uma régua acoplada a um cursor, o qual será manipulado pelos sujeitos da amostra, analisando um arranjo autocontrolado na solicitação de feedback.

## **2. Amostra**

A amostra foi constituída de 22 participantes, todos associados da Associação Pelotense de Parkinsonianos (APP), obtendo uma média de idade de 68,9 anos nessa amostra.

Para obter essa amostra foi realizada uma triagem, quanto ao estadiamento clínico da patologia, com todos os associados da APP. Após todos os sujeitos com estadiamento clínico 2 ou 3 da escala de Hoehn e Yahr foram convidados a participar voluntariamente do estudo, sendo informados que o estudo compreendia de 3 fases realizadas em dois dias consecutivos.

Os participantes que estavam aptos a participar da pesquisa foram informados que participariam da pesquisa como voluntários, que seriam submetidos a realizar uma tarefa de deslocamento espacial, em aparelho que consistia em um cursor acoplado a uma régua metálica, que os riscos de participação no estudo são mínimos.

Antes de iniciar a coleta de dados foi averiguado se os participantes tiveram contato prévio com a tarefa, como nenhum tinha realizado-a anteriormente todos participaram da amostra. Antes de iniciar os procedimentos foi pedido para assinarem um termo de consentimento livre e esclarecido para a participação no estudo.

A coleta de dados procedeu-se da seguinte forma: inicialmente eram coletadas algumas informações referentes aos medicamentos utilizados para a DP, idade do sujeito, sexo, tempo (em anos) em que foi dado o diagnóstico clínico da patologia e os sintomas que apresentam em decorrência da DP. Após isso cada sujeito foi submetido a dois dias de teste, sendo realizadas 30 tentativas (1<sup>a</sup> fase) no primeiro dia. No segundo dia foram realizadas as duas fases finais do estudo, fase de retenção e transferência, obrigatoriamente nessa ordem, realizando 10 tentativas em cada fase. Além disso, foram aplicados questionários após a primeira fase do estudo. Os participantes que não realizaram os testes do segundo dia foram excluídos da amostra.

### **3. ESTUDO PILOTO**

#### **Anexo 1**

#### **4. Coleta de dados**

Para o início da coleta de dados, era realizada a organização dos materiais no ambiente, ou seja, a fixação do aparelho sobre uma mesa e o posicionamento da

cadeira onde o sujeito sentaria. Em seguida, chamava-se um sujeito de cada vez, o qual recebia explicação do que deveria ser feito, dando inicio a coleta.

## Anexo 1



# Reduced frequency of knowledge of results enhances learning in persons with Parkinson's disease

Suzete Chiviacovsky\*, Tiago Campos and Marcos Rodrigues Domingues

School of Physical Education, Federal University of Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil

**Edited by:**

Charles H. Shea, Texas A&M University, USA

**Reviewed by:**

Jeffrey T. Fairbrother, University of Tennessee, USA  
Beth Fisher, University of Southern California, USA

**\*Correspondence:**

Suzete Chiviacovsky, Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas, Rua Luís de Camões, 625 – CEP 96055-630, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.  
e-mail: schiv@terra.com.br

Parkinson's disease (PD) is a progressive neurological disorder, known to cause a large number of motor and non-motor limitations. Research related to factors that affect motor control and learning in people with PD is still relatively limited. The purpose of this study was to compare the effects of different frequencies (100 versus 66%) of knowledge of results (KR) on the learning of a motor skill with spatial demands in participants with PD. Twenty individuals with PD were randomly assigned to one of two groups. The 100% group received KR after each trial, while the 66% group received KR on two thirds of the trials. A linear positioning task with a spatial target was used. Participants carried out the task with the dominant hand while blindfolded. In the acquisition and retention phases, the goal was to position the cursor at a distance of 60 cm from the starting point. The hypothesis was that participants with PD, who practiced with a reduced KR frequency, would demonstrate more effective learning than those who practiced with a 100% KR frequency, similar to previous findings with adults without neurological disorders. The results showed differences between the groups in the retention phase (without KR): The 66% KR group was more accurate and less variable in their performance than the 100% KR group. Thus, reducing KR frequency can enhance motor learning in persons with PD, similar to what has previously been found for unimpaired participants.

**Keywords:** motor learning, feedback, knowledge of results, Parkinson's disease

## INTRODUCTION

Parkinson's disease (PD) is a progressive neurological disorder, known to cause a large number of motor problems, such as tremor at rest, rigidity, bradykinesia, and postural instability (Jankovic, 2008). The main cause of PD symptoms is the decrease in dopamine production, with subsequent disruption of normal motor cortex activity. As a consequence, people with PD present motor control deficits in planning, initiating and executing movements, resulting in prolonged reaction times and abnormal pre-movement EMG activity (Berardelli et al., 2001), as well as longer and more variable deceleration phases of aiming movements (Rand et al., 2000), compared with people without neurological disorders. Numerous studies have also shown that PD is also associated with perceptual deficits, including visual depth perception (Maschke et al., 2003) and kinesthetic sensitivity (Demirci et al., 1997; Adamovich et al., 2001; Contreras-Vidal and Gold, 2004).

Fortunately, recent studies have been indicating positive results for interventions aiming at challenging impaired systems in PD, promoting recovery instead of mere compensation, with the potential of reversing or delaying disease progression in this population (Tillerson et al., 2003; Herman et al., 2007; Petzinger et al., 2010). According to Hirsch and Farley (2009), oriented exercise may promote brain repair and reorganization (neuroplasticity) in people with PD, accompanied by behavioral recovery. Some studies using animals (Fisher et al., 2004; Petzinger et al., 2007), for example, have shown alterations in both dopaminergic and glutamatergic neurotransmission, by inducing activity-dependent (exercise) processes, mitigating the cortically driven hyper-excitability in the basal ganglia, characteristic of persons with PD. In addition, in a

recent review of the literature, Nieuwboer et al. (2009) showed that, although people with PD did demonstrate slower learning rates than controls, their capability to learn motor skills was relatively preserved. Therefore, success of rehabilitation therapy depends, to a large extent, on the effectiveness of motor learning strategies (Abbruzzese et al., 2009).

An important practice variable known to improve motor learning in healthy populations is augmented or extrinsic feedback (Wulf et al., 2010b). Information regarding the pattern of movement used to perform the action (knowledge of performance, KP) and/or the outcome of the movement (knowledge of results, KR) is considered a powerful variable, capable of guiding the learner to the goal movement. Nevertheless, numerous studies with typical participants have demonstrated that, despite its benefits, augmented feedback can cause a dependency when provided in excess. Frequent extrinsic feedback is assumed to impede the processing of intrinsic feedback information, which is important for long-term retention of the goal movement (Salomoni et al., 1984; Schmidt, 1991).

The first studies showing detrimental effects of frequent feedback on motor learning used sequential spatial-timing tasks, and demonstrated superior results for reduced frequencies in the learning of a single task (Winstein and Schmidt, 1990) or different versions of the same task (generalized motor program learning; Wulf and Schmidt, 1989). Following these pioneering studies, several others have demonstrated the beneficial effects of reduced frequencies of KR for people of different developmental levels (children, young, and older adults) and for a wide range of tasks (for a review, see Wulf and Shea, 2004).

Research related to factors that influence motor learning in people with Parkinson's disease is still relatively limited. Only a few studies have addressed the effects of augmented feedback in this population (e.g., Verschueren et al., 1997; Guadagnoli et al., 2002; Onla-or and Winstein, 2008). In the study by Verschueren et al. (1997), using a bimanual coordination task, participants were instructed to produce cyclical movements coincident with the beating of a electronic metronome, such that one complete movement cycle (flexion–extension) was performed with every beat, to facilitate the learning of a new spatio-temporal coordination pattern between the limbs (oscillation with a phase offset of 90° between limbs). Augmented concurrent visual feedback was provided during all acquisition trials, with the aid of a computer monitor. The results, measured on a retention test after a 5-min interval, demonstrated a greater dependency of persons with PD on the augmented concurrent feedback presented during the trials. That is, performance deteriorated considerably when the extrinsic information was no longer available, in contrast to the behavior seen in a typical population.

In another experiment, Guadagnoli et al. (2002) reported an interaction between two different frequencies of KR, 100 and 20%, in the learning of a timing task, in persons with PD and typical participants. In this study the task required participants, holding a stylus in their dominant hand, to perform pointing movements to a target, as accurately as possible and in a certain goal movement time (65% of each person's maximum speed). There was an obstacle located in the path of the target requiring the participants to make a curvilinear movement around the object to the target. While healthy participants showed superior retention with a reduced frequency of KR, measured 15 min after the practice phase, people with PD showed more effective retention with 100% KR. Thus, in contrast to the typical population, it appeared that the reduced KR frequency (20%) was insufficient to enhance learning in this population, when compared with frequent feedback.

These results are in line with studies (e.g., Contreras-Vidal and Gold, 2004) showing that PD patients have abnormal proprioception, and deficits in the central processing and integration of kinesthetic signals, resulting in an incorrect assembly of multiple sensorimotor inputs into a motor plan. According to these authors, PD patients with degraded kinesthesia, and in the absence of vision of the hand in position matching tasks, must rely on an internal forward model of the relationship between motor commands and their effects in order to obtain real-time estimates of hand and limb position. If the kinesthetic input is degraded, so will be the internal model, with PD patients being unable to store/maintain estimates of limb position derived from proprioceptive feedback alone. This might explain the motor control deficits seen in PD patients and their greater dependency on extrinsic feedback information in attempts to improve and maintain the performance, compared with typical participants.

Yet, knowledge of how extrinsic feedback affects motor learning in people with PD is still limited. Previous studies have used very low frequencies of extrinsic feedback (KR) in comparison with frequent feedback, leaving unanswered the question of how a somewhat reduced KR frequency might affect learning. Furthermore, most of these studies used only immediate rather than delayed retention tests, which may not actually assess relatively permanent changes in behavior (Salmoni et al., 1984).

Given the lack of studies and the importance of this variable for learning, in general, and rehabilitation, in particular, the purpose of the present study was to compare the effects of a reduced frequency of KR in participants with PD. As people with PD appear to require more feedback than typical participants, we predict that a "slightly" reduced frequency of KR (66%) could potentially enhance learning, compared with a 100% frequency, when measured in a delayed retention test without KR. Different from previous studies, which used very low frequencies of KR (e.g., 20%) in comparison with frequent feedback, we speculated that a relatively small percentage of trials without KR could give learners the opportunity to process important intrinsic information, enhancing retention when extrinsic feedback is no longer available. In other words, not receiving feedback on a few trials could impose an important challenge for the impaired PD intrinsic feedback system, possibly enabling participants to develop a more accurate internal sense of arm and hand position, while strengthening relationships between motor commands and their effects in the environment. To test this hypothesis, a linear positioning task with a spatial target was used. While the 100% group received KR after each trial, the 66% group received KR on two thirds of the trials. To assess learning, a retention test was used one day after the practice phase.

## MATERIALS AND METHODS

### PARTICIPANTS

Twenty individuals with PD (10 men and 10 women), aged 53–87 years (mean age of the 100% group: 68.3 years; mean age of the 66% group: 69.0 years) participated in the study. Only persons in Stages 2 and 3 of the Hoehn and Yahr scale (Goetz et al., 2004) participated in the study. They were optimally medicated for PD and participated in the investigation during the "on" medication cycle. To ensure homogeneity they were divided according to gender (five women in each group), and clinical stage (six participants in stage II and four in stage III in each group). Characteristics of the patients are shown in Table 1. The acquisition and retention phases were carried out at the same time of day on two consecutive days. Informed consent was obtained from the participants and the study was approved by the university's ethics committee. Participants were unaware of the purpose of the experiment, and the task was unfamiliar to all of them.

### APPARATUS AND TASK

A linear positioning task consisting of a straight slide bar, approximately 1 m in length and fastened to a sturdy base was used (Figure 1). A measuring device secured to the base was used to measure the horizontal displacement of the slide, which was attached to the slide bar. Participants sat with their left shoulder in line with the starting point of the slide. To prevent the use of visual cues, they wore opaque swimming goggles. They were also asked to move the slide and stop it on the target using their right hand (they were all right-handed). In the acquisition and retention phases, the goal was to position the cursor at a distance of 60 cm from the starting point.

### PROCEDURE

The 20 individuals with PD were randomly assigned to one of two groups, with an equal number of male and female in each group. The 100% group received KR after each trial, while the 66% group

**Table 1 | Patients characteristics.**

Patients no.	Gender	Age (years)	Disease duration (years)	Predominant symptoms	Hoehn and Yahr stage	Medications
1	M	77	5	B	2	P, S, M
2	F	53	4	T	2	M, P
3	M	74	4	R, B	2	P
4	M	73	1	T	2	M, CL
5	F	74	2	T	2	P
6	F	87	15	T, R	3	P, S
7	F	55	4	B, R	3	P, M, S
8	M	75	1	T, B	2	P
9	M	65	4	B	3	P, M
10	F	57	5	B, T, R	3	CL
11	F	65	6	T	2	P
12	M	71	1	T	2	P, S
13	F	76	4	T, R, B	2	CL
14	M	68	5	T, R, B	2	P, S
15	M	73	4	R	3	C, M
16	F	66	9	T, R	3	S, P
17	F	70	13	B, R	3	A, P
18	M	60	11	T, R	2	CL
19	F	65	3	T, B	3	P, M
20	M	69	7	T, B, R	2	P

T, resting tremor; R, rigidity; B, bradykinesia; P, prolopa; M, mantid; S, sifrol; CL, carbidopa + levodopa; A, artani.



**FIGURE 1 |** Participant wearing the goggles and positioned in the apparatus.

received KR on two thirds of the trials. More specifically, there were two trials with KR followed by one trial without KR. Participants were asked to sit in front of the apparatus in a comfortable position. The experimenter explained that the objective of the task was to move the slide from its starting position to the right, in one motion, in an attempt to stop it when it reached the target. To prevent visual feedback, participants put on opaque swimming goggles before the beginning of the trials. All participants performed 30 practice trials in the practice phase and 10 trials in the retention phase. The extrinsic feedback informed the participants about the direction (i.e., whether they undershot or overshot the target) and the extent of the deviation from the target in cm (e.g., -8). After each trial, the experimenter returned the slide to the starting position. No feedback was provided during the retention phase one day after the practice phase.

## DATA ANALYSIS

Constant error (CE), absolute constant error (ACE), and variable error (VE) in cm were our dependent variables. CE is the difference between the actual distance and goal movement distance, representing distance error. ACE is the absolute value of CE for each participant, representing distance error regardless of direction. VE is calculated based on the within-subject variability of the mean for each block of trials, representing a measure of distance consistency (see Schmidt and Lee, 2005 for formula descriptions). Data were averaged across blocks of five trials. The acquisition phase data were analyzed in a 2 (group: 100 versus 66% KR)  $\times$  6 (blocks of five trials) analysis of variance (ANOVA), with repeated measures on the last factor. Retention data were analyzed in one-way ANOVA. The Greenhouse-Geisser df adjustment was used to report *F* values in repeated measures factors, if necessary. In order to indicate effect sizes for significant results, partial eta-squared values are reported. Alpha level for significance was set at 0.05 for all analyses.

## RESULTS

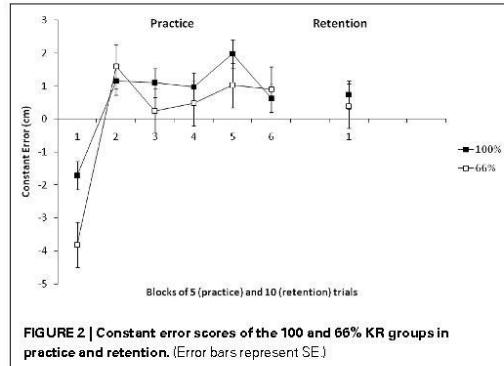
### PRACTICE

#### Constant error

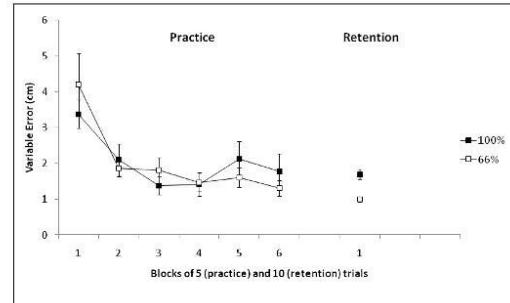
Both groups tended to undershoot the target on the first block and to overshoot it somewhat on the remaining practice blocks (see Figure 2, left). The main effects of block,  $F(5, 90) = 6.67, p < 0.001, \eta^2 = 0.27$ , was significant. The main effect of group,  $F(1, 18) < 1$ , and the interaction between group and block were not significant,  $F(5, 90) < 1$ .

#### Absolute constant error

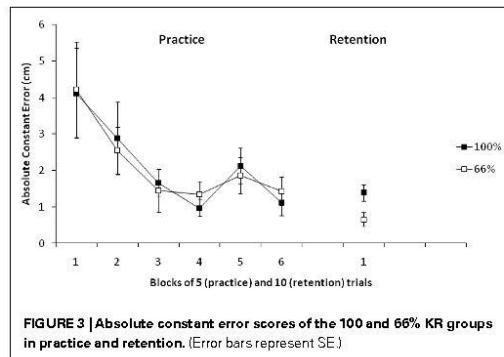
Both groups reduced their absolute errors similarly across practice blocks (see Figure 3, left), particularly on the first three blocks. The main effects of block,  $F(5, 90) = 6.32, p < 0.001$ ,



**FIGURE 2 | Constant error scores of the 100 and 66% KR groups in practice and retention.** (Error bars represent SE.)



**FIGURE 4 | Variable error scores of the 100 and 66% KR groups in practice and retention.** (Error bars represent SE.)



**FIGURE 3 | Absolute constant error scores of the 100 and 66% KR groups in practice and retention.** (Error bars represent SE.)

$\eta^2 = 0.26$ , was significant. The main effect of group,  $F(1, 18) < 1$ , and the interaction between group and block were not significant,  $F(5, 90) < 1$ .

#### Variable error

Similar to constant and ACEs, both groups reduced their variable errors, with the 66% KR group tending to show somewhat larger variability at the beginning of practice, but less variability toward the end (see Figure 4, left). The main effect of block,  $F(5, 90) = 12.47$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.40$ , was significant. However, the main effect of group,  $F(1, 18) < 1$ , and the interaction of group and block,  $F(5, 90) = 1.14$ ,  $p > 0.05$ , were not significant.

#### RETENTION

##### Constant error

On the retention test without KR, 1 day after practice, the groups demonstrated similar constant errors (see Figure 2, right). The group difference was not significant, with  $F(1, 19) < 1$ .

##### Absolute constant error

The 66% KR group had smaller ACEs than the 100% KR group (see Figure 3, right). The group difference was significant, with  $F(1, 19) = 6.25$ ,  $p < 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.25$ .

#### Variable error

The 66% KR group showed less variability in performance compared with the 100% group (see Figure 4, right). The group difference was significant, with  $F(1, 19) = 19.02$ ,  $p < 0.01$ ,  $\eta^2 = 0.51$ .

#### DISCUSSION

People with PD differ from typical adults in several ways (Rand et al., 2000; Berardelli et al., 2001; Guadagnoli et al., 2002; Konczak et al., 2007, 2009; Jankovic, 2008; Nieuwboer et al., 2009). Specifically, studies utilizing tasks with spatial goals that demand appropriate use of feedback information, as the linear positioning task used in the present experiment, have demonstrated that people with PD present motor control deficits, resulting, for example, in poorer arm matching accuracy (Rabin et al., 2010) than shown by the typical population. Impairments in the basal ganglia can be responsible for the reduced capability to control and regulate spatial and force parameters. Therefore, individuals with PD are less able to regulate velocity and acceleration magnitudes when accuracy constraints are imposed (Rand et al., 2000). Together with abnormal proprioception (Adamovich et al., 2001), the deficits in the central processing and integration of kinesthetic signals, resulting in incorrect formulations of motor plans (Contreras-Vidal and Gold, 2004), may explain the greater dependency on extrinsic feedback information in persons with PD.

As previous studies examining feedback frequency effects used very low KR frequencies (Verschueren et al., 1997; Guadagnoli et al., 2002), it was not clear whether a "slightly" reduced KR frequency would enhance the learning of a motor task, compared to feedback after every trial, in this population. Considering that individuals with PD have difficulty in processing intrinsic feedback, with treatment often involving the use of external cues as compensation, the purpose of the present study was to examine whether the learning advantages of a reduced frequency of KR found in typical participants (see Swinnen, 1996; Wulf and Shea, 2004, for reviews) would generalize to motor learning in participants with PD.

Our results are in line with previous studies using typical populations in showing that a reduced frequency of feedback can also benefit the learning of motor skills in participants with PD. According to the guidance hypothesis (Salomoni et al., 1984; Schmidt, 1991), extrinsic feedback guides the learner to the goal

behavior. However, when provided too frequently, it can cause a dependency, blocking the processing of intrinsic feedback. Also, according to the maladaptive short-term corrections notion, frequent feedback can cause some instability during the practice phase, since the learner makes constant corrections to the action plan, even when errors are small. The result can be less consistent performance in retention and transfer phases. A low frequency of feedback could help the improvement of some stability between trials, resulting in a stronger basis for the use of the feedback information, when provided.

The present results contrast with those of previous studies with PD participants (Verschueren et al., 1997; Guadagnoli et al., 2002), where learning advantages were found for high frequencies of extrinsic feedback. In these studies, severely reduced frequencies of KR were used, leading to inferior learning in comparison with feedback provided after all trials. A possible explanation for the differences in the results could be related to the frequency used in our study. The use of a slightly reduced (66%) frequency of feedback could have helped participants with PD to rely on intrinsic feedback, despite their difficulties in processing it, during the few trials where the KR was not provided. In this way, the participants were provided with both sufficient extrinsic information and the opportunity to process intrinsic information (on trials without feedback) – enhancing learning and aiding retention in a situation, in which augmented feedback was no longer available.

An alternative interpretation of the present results is that the feedback tended to direct participants' attention to their own movements (i.e., induced an internal focus), which has been shown to be detrimental to learning (Wulf, 2007) – and that frequent feedback (i.e., 100%) exacerbated this effect. The reduced feedback frequency (i.e., 66%) may have provided at least some relief from these constant internal focus reminders, resulting in more effective learning (see Wulf et al., 2002, 2010a). Furthermore, the constant error information may have promoted self-related thoughts or concerns, and negatively influenced participants' perception of their capability, which can disrupt movement automaticity and hamper learning (Lewthwaite and Wulf, 2010a,b; Wulf and Lewthwaite, 2010). However, the fact that results of previous studies showed more effective learning with frequent relative to severely reduced frequencies of feedback (e.g., 20%)

demonstrates the importance of the informational function of extrinsic feedback for PD patients. Slightly reduced frequencies of feedback may have the benefit of not disrupting automaticity, while providing enough information to enhance learning in this population.

Overall, the present findings demonstrate that reduced frequencies of KR can challenge and enhance learning in people with PD. We conclude that, specifically compared to 100% KR, a reduced KR frequency of 66% can result in both greater movement accuracy and movement stability in the learning of a spatial control demand task. To our knowledge, the present study is the first to demonstrate that the benefits of reduced frequencies of KR generalize to motor learning in the PD population. These results may influence the rehabilitation process and procedures used by healthcare professionals working with persons affected by PD in physical activity or exercise-based programs. Using somewhat reduced frequencies of feedback, instructors, or physical therapists may facilitate the learning/relearning of motor skills.

The task used in the present experiment can be considered different from the tasks used in some previous studies (Verschueren et al., 1997; Guadagnoli et al., 2002), since it involved spatial control demands only, without involving temporal aspects. Given that, an important direction for future studies would be to examine whether the benefits of somewhat reduced frequencies of feedback generalize to more complex tasks or situations in people with PD. Since reduced frequencies have the potential to benefit learning in this population, it would also be interesting to examine if feedback provided after effective or "good" trials instead after less effective or "poor" trials (for which benefits have been observed in several recent experiments; Badami et al., in press; Chiviacowsky and Wulf, 2007), would also benefit learning in the PD population. Furthermore, the effects of self-controlled feedback or practice schedules (for a review, see Wulf, 2007) – benefits of which have been shown in typical as well as other special populations – should be examined in participants with PD.

## ACKNOWLEDGMENTS

We thank Dr. Gabriele Wulf and the reviewers for important contributions to the paper. This study received financial support from CNPq (National Council of Scientific and Technological Development), Brazil.

## REFERENCES

Abbruzzese, G., Trompetto, C., and Marinelli, L. (2009). The rationale for motor learning in Parkinson's disease. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 45, 209–214.

Adamovich, S. V., Berkmanblit, M. B., Hening, W., Sage, J., and Poizner, H. (2001). The interaction of visual and proprioceptive inputs in pointing to actual and remapped targets in Parkinson's disease. *Neuroscience* 104, 1027–1041.

Badami, R., VaezMousavi, M., Wulf, G., and Namazizadeh, M. (in press). Feedback after good trials enhances intrinsic motivation. *Res. Q. Exerc. Sport*.

Berardelli, A., Rothwell, J. C., Thompson, P. D., and Hallett, M. (2001). Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. *Brain* 124, 2131–2146.

Chiviacowsky, S., and Wulf, G. (2007). Feedback after good trials enhances learning. *Res. Q. Exerc. Sport* 78, 40–47.

Conteras-Vidal, J. L., and Gold, D. R. (2004). Dynamic estimation of hand position is abnormal in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat. Disord.* 10, 501–506.

Demirci, M., Grill, S., McShane, L., and Hallett, M. (1997). A mismatch between kinesthetic and visual perception in Parkinson's disease. *Ann. Neurol.* 41, 781–788.

Fisher, B. E., Petzinger, G. M., Nixon, K., Hogg, E., Bremner, S., Meshul, C. K., and Jakowec, M. W. (2004). Exercise-induced behavioral recovery and neuroplasticity in the L-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine-lesioned mouse basal ganglia. *J. Neurosci. Res.* 77, 378–390.

Goetz, C. G., Poewe, W., Rascol, O., Sampaio, C., Stebbins, G. T., Counsell, C., Giladi, N., Holloway, R. G., Moore, C. G., Wenning, G. K., Yahr, M. D., and Seidl, L. (2004). Movement disorder society task force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations. *Mov. Disord.* 19, 1020–1028.

Guadagnoli, M. A., Leis, B., Van Gemert, A. W., and Stelmach, G. E. (2002). The relationship between knowledge of results and motor learning in Parkinsonian patients. *Parkinsonism Relat. Disord.* 9, 89–95.

Herman, T., Giladi, N., Gruendlinger, L., and Hausdorff, J. M. (2007). Six weeks of intensive treadmill training improves gait and quality of life in patients with Parkinson's disease: a pilot study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 88, 1154–1158.

Hirsch, M. A., and Farley, B. G. (2009). Exercise and neuroplasticity in persons living with Parkinson's disease. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 45, 215–229.

Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: clinical features and diagnosis.

*J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 79, 368–376.

Konczak, J., Corcos, D. M., Horak, F., Poizner, H., Shapiro, M., Tuite, P., Volkmann, J., and Maschke, M. (2009). Proprioception and motor control in Parkinson's disease. *J. Mot. Behav.* 41, 543–552.

Konczak, J., Krawczewski, K., Tuite, P., and Maschke, M. (2007). The perception of passive motion in Parkinson's disease. *J. Neurol.* 254, 655–663.

Lewthwaite, R., and Wulf, G. (2010a). Grand challenge for movement science and sport psychology: embracing the social-cognitive-affective-motor nature of motor behavior. *Front. Psychol.* 1:42. doi: 10.3389/fpsyg.2010.00042

Lewthwaite, R., and Wulf, G. (2010b). Social-comparative feedback affects motor skill learning. *Q. J. Exp. Psychol.* 63, 738–749.

Maschke, M., Gomez, C. M., Tuite, P. J., and Konczak, J. (2003). Dysfunction of the basal ganglia, but not the cerebellum, impairs kinesthesia. *Brain* 126, 2312–2322.

Nieuwboer, A., Rochester, L., Munck, L., and Swinnen, S. P. (2009). Motor learning in Parkinson's disease: limitations and potential for rehabilitation. *Parkinsonism Relat. Disord.* 15(Suppl. 3), S53–S58.

Onla-or, S., and Weinstein, C. J. (2008). Determining the optimal challenge point for motor skill learning in adults with moderately severe Parkinson's disease. *Neurorehabil. Neural Repair* 22, 385–395.

Petzinger, G. M., Fisher, B. E., Van Leeuwen, J. E., Vukovic, M., Akopian, G., Meshul, C. K., Holehird, D. P., Naccache, A., Walsh, J. P., and Jakowec, M. W. (2010). Enhancing neuroplasticity in the basal ganglia: the role of exercise in Parkinson's disease. *Mov. Disord.* 25, S141–S145.

Petzinger, G. M., Walsh, J. P., Akopian, G., Hogg, E., Abernathy, A., Arevalo, P., Tunquist, P., Vuckovic, M., Fisher, B. E., Togasaki, D. M., and Jakowec, M. W. (2007). Effects of treadmill exercise on dopaminergic transmission in the 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine-lesioned mouse model of basal ganglia injury. *J. Neurosci.* 27, 5291–5300.

Rabin, E., Muratori, L., Svakos, K., and Gordon, A. (2010). Tactile proprioceptive integration during arm localization is intact in individuals with Parkinson's disease. *Neurosci. Lett.* 5, 470, 38–42.

Rand, M. K., Stelmach, G. E., and Boedel, J. R. (2000). Movement accuracy constraints in Parkinson's disease patients. *Neuropsychologia* 38, 203–212.

Salomoni, A. W., Schmidt, R. A., and Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychol. Bull.* 95, 355–386.

Schmidt, R. A. (1991). "Frequent augmented feedback can degrade learning: evidence and interpretations," in *Tutorials in Motor Neuroscience*, eds J. Requin and G. E. Stelmach (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers), 59–75.

Schmidt, R. A., and Lee, T. D. (2005). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*, 4th Edn. Champaign, IL: Human Kinetics.

Swinnen, S. P. (1996). "Information feedback for motor skill learning: a review," in *Advances in Motor Learning and Control*, ed. H. N. Zelaznik (Champaign, IL: Human Kinetics), 37–66.

Tillerson, J. L., Caudle, W. M., Reveron, M. E., and Miller, G. W. (2003). Exercise induced behavioral recovery and attenuates neurochemical deficits in rodent models of Parkinson's disease. *Neuroscience* 119, 899–911.

Verschueren, S. M., Swinnen, S. P., Dom, R., and De Weerd, W. (1997). Interlimb coordination in patients with Parkinson's disease: motor learning deficits and the importance of augmented information feedback. *Exp. Brain Res.* 113, 497–508.

Weinstein, C. J., and Schmidt, R. A. (1990). Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* 16, 677–691.

Wulf, G. (2007). Self-controlled practice enhances motor learning: implications for physiotherapy. *Physiotherapy* 93, 96–101.

Wulf, G., Chiviacowsky, S., Schiller, E., and Avila, L. T. G. (2010a). Frequent external-focus feedback enhances motor learning. *Front. Psychol.* 1:190. doi: 10.3389/fpsyg.2010.00190

Wulf, G., Shea, C., and Lewthwaite, R. (2010b). Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Med. Educ.* 44: 75–84.

Wulf, G., and Lewthwaite, R. (2010). "Effortless motor learning? An external focus of attention enhances movement effectiveness and efficiency," in *Effortless Attention: A New Perspective in Attention and Action*, ed. B. Bruya (Cambridge, MA: MIT Press), 75–101.

Wulf, G., McConnel, N., Gartner, M., and Schwarz, A. (2002). Enhancing the learning of sport skills through external-focus feedback. *J. Mot. Behav.* 34, 171–182.

Wulf, G., and Schmidt, R. A. (1989). The learning of generalized motor programs: reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* 15, 748–757.

Wulf, G., and Shea, C. H. (2004). "Understanding the role of augmented feedback: the good, the bad, and the ugly," in *Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice*, eds A. M. Williams and N. J. Hodges (London: Routledge), 121–144.

**Conflict of Interest Statement:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Received:** 18 September 2010; **accepted:** 29 November 2010; **published online:** 16 December 2010.

**Citation:** Chiviacowsky S, Campos T and Domingues MR (2010) Reduced frequency of knowledge of results enhances learning in persons with Parkinson's disease. *Front. Psychology* 1:26. doi: 10.3389/fpsyg.2010.00026

**This article was submitted to Frontiers in Movement Science and Sport Psychology, a specialty of Frontiers in Psychology.**

**Copyright © 2010 Chiviacowsky, Campos and Domingues. This is an open-access article subject to an exclusive license agreement between the authors and the Frontiers Research Foundation, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original authors and source are credited.**

### 3. Artigo Original

Artigo a ser submetido à Revista Brasileira de Fisioterapia

(Dissertação de Mestrado de Tiago Pereira Campos)

Feedback autocontrolado favorece a aprendizagem motora em sujeitos com a Doença de Parkinson

Campos, TP.<sup>1</sup>, Chiviacowsky, S.<sup>1</sup>

Tiago Pereira Campos<sup>1</sup>, Suzete Chiviacowsky<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil

Escola Superior de Educação Física (Universidade Federal de Pelotas), Rua Luís de Camões, 625, bairro Tablada, CEP 96055-630, Pelotas/RS.

[t.p.cf@hotmail.com](mailto:t.p.cf@hotmail.com)

Tiago Pereira Campos

Av.: Ferreira Vianna, 841, ap 103 C, CEP 96085-000, bairro Areal, Pelotas/RS.

Cel.: 53-81155184

Titulo para as páginas do artigo: Feedback autocontrolado melhora a aprendizagem em sujeitos com a Doença de Parkinson

Palavras Chaves: Aprendizagem Motora, Feedback autocontrolado, Doença de Parkinson, Conhecimento de Resultados.

## Resumo

A Doença de Parkinson (DP) é uma desordem neurodegenerativa, com comprometimento da produção de dopamina, levando a disfunções, como por exemplo, tremor, diminuição na estabilidade postural, bradcinesia e rigidez muscular. Além disso, a DP degrada a função dos gânglios da base, gerando uma diminuição na propriocepção, fator que dificulta o desempenho motor. O objetivo deste estudo foi o de investigar os efeitos da frequência autocontrolada de conhecimento de resultados na aquisição de uma habilidade motora com demanda de controle espacial em sujeitos adultos com a DP. Participaram como sujeitos vinte e dois indivíduos na faixa etária entre 54 e 77 anos, com a DP, divididos em dois grupos: grupo autocontrolado, que recebeu Conhecimento de Resultados (CR) apenas nas tentativas em que foi solicitado, e grupo externamente controlado, que recebeu CR de forma equiparada, sujeito a sujeito, ao grupo autocontrolado. Foi utilizada uma tarefa de deslocamento linear com um alvo espacial, sendo realizada com a visão obstruída. Nas fases de aquisição e retenção, os participantes tinham como objetivo posicionar o cursor a uma distância de 60 cm do marco zero, enquanto na fase de transferência a 50 cm. do mesmo. O estudo tem como hipótese que a frequência autocontrolada de CR favorece a aprendizagem motora em sujeitos com a DP, de forma similar a resultados de estudos prévios com sujeitos típicos. Os resultados demonstraram diferença significativa, com maior aprendizagem para o grupo autocontrolado na fase de retenção. Concluiu-se que o CR autocontrolado pode tornar mais eficaz a aprendizagem motora, em tarefas com demanda de controle espacial, nos sujeitos com a DP, de forma semelhante aos indivíduos sem comprometimento neurológico.

## Introdução

A doença de Parkinson (DP) é uma desordem neurodegenerativa, com comprometimento primário dos neurônios da “substância nigra” e consequente diminuição da produção de dopamina. Essa situação leva ao surgimento de um grande número de problemas motores, tais como, tremores, bradicinesia, rigidez e instabilidade postural<sup>1</sup>. A principal causa dos déficits motores na DP é a diminuição da produção de dopamina, gerando perturbações na atividade normal do córtex motor. Devido a isso, sujeitos com a DP apresentam déficits motores, demonstrando uma maior dificuldade para planejar, iniciar e executar seus movimentos, gerando um tempo de reação prolongado e anormal na atividade EMG<sup>2</sup>, comparando com pessoas que não apresentam distúrbios neurológicos. Muitos estudos vêm mostrando também que a DP está associada com a diminuição da percepção<sup>3,4</sup> e da sensibilidade cinestésica<sup>5,6,7</sup>.

Por outro lado, estudos recentes vêm demonstrando que desafiar os sistemas deficientes pela DP pode ser proveitoso para a recuperação dos pacientes, indicando um potencial para reverter ou retardar a progressão dessa patologia, podendo-se recuperar ao invés de simplesmente compensar as deficiências causadas pela DP<sup>8,9</sup>. Em uma revisão de literatura<sup>10</sup>, os autores demonstraram que, embora os parkinsonianos apresentem uma capacidade de aprendizado menor que sujeitos sem déficits neurológicos, a sua capacidade de aprender uma habilidade motora é relativamente preservada. Portanto, o sucesso na terapia de reabilitação da DP pode estar associada a estratégias eficientes de aprendizagem motora<sup>11</sup>. Os conhecimentos gerados pela área da aprendizagem motora podem contribuir para uma prática de reabilitação com melhor qualidade, levando a uma melhor retenção das tarefas a serem aprendidas<sup>12</sup>.

Uma importante variável que, em populações típicas, tem demonstrado melhorar a aprendizagem motora, é o feedback aumentado ou extrínseco<sup>13</sup>. O conhecimento de resultados (CR) é uma forma de feedback que informa sobre o resultado do movimento em relação ao seu objetivo ambiental e possui funções importantes na aquisição de habilidades motoras, como a de motivação<sup>14</sup>, a de orientação do aprendiz em direção ao objetivo<sup>15</sup>, assim como a relacional,

possibilitando a formação de relações entre os comandos motores e as respostas, levando a um fortalecimento de esquemas para a produção de novos movimentos<sup>16</sup>.

O CR pode ser fornecido ao aprendiz de diversas formas. Existe uma visão antiga quanto ao fornecimento de CR<sup>15,16,17,18</sup> de que quanto mais preciso, frequente e imediato o CR for fornecido, melhor será para a aprendizagem. Por outro lado, estudos posteriores vêm demonstrando o contrário. Dentre esses, deve-se ressaltar o estudo de Salmoni et al.<sup>19</sup>, a qual destaca a importância dos testes de retenção e transferência para medir a aprendizagem. A partir daí, vários estudos têm demonstrado que frequências reduzidas de CR são tão ou mais eficientes para a aprendizagem de habilidades motoras do que CR frequente<sup>20, 21, 22, 23</sup>.

O fornecimento de CR pode ser apresentado ao aprendiz de várias formas, sendo a forma verbal a mais frequente. Geralmente os estudos apresentam uma frequência de CR determinada pelo pesquisador e fornecida em momentos pré-determinados do estudo; no entanto, o principiante participa pouco do processo de aprendizagem. Tendo isso em vista, estudos recentes começaram a investigar os efeitos de uma participação mais ativa do aprendiz durante o processo de aprendizagem, dando mais ênfase às suas necessidades e estratégias, através da prática autocontrolada, visto que, nesse tipo de prática, ele tem a possibilidade de tomar decisões em relação a aspectos específicos da aprendizagem durante o decorrer do processo, ou seja, ele pode determinar, por exemplo, quando e com que frequência pretende receber o CR.

Nessa abordagem, os primeiros estudos, na área de aprendizagem motora, mais especificamente com arranjo de CR autocontrolado foram realizados na década de 90<sup>24, 25</sup>. Os autores realizaram seus estudos com tarefas discretas com demanda de controle espacial, comparando grupos que receberam CR de forma autocontrolada com grupos que receberam CR de diversas formas: CR sumário a cada cinco tentativas, 100% de frequência de CR, frequência de CR igual ao grupo autocontrolado, mas imposto pelo experimentador (grupo *yoked* ou equiparado) e grupo controle (0% de CR). Os resultados dos grupos autocontrolados foram significativamente superiores ao serem comparados com os demais grupos. Outros estudos<sup>26, 27, 28, 29</sup>, também confirmaram a superioridade de um grupo autocontrolado em relação a um grupo *yoked* em diferentes populações típicas e variáveis de

prática, confirmando os benefícios da prática com autocontrole para a aprendizagem de habilidades motoras.

Embora alguns poucos estudos tenham abordado o feedback aumentado em sujeitos com a DP, ainda é limitado o número de pesquisas relacionado aos fatores que afetam a aprendizagem motora nessa população<sup>30, 31, 32, 33</sup>. Em um estudo recente<sup>30</sup>, foram comparados os efeitos de diferentes frequências de CR (66% e 100%) na aprendizagem de uma tarefa com demanda espacial em sujeitos com a DP. A tarefa consistia em mover um cursor do ponto inicial até o seu objetivo, o qual foi apresentado pelos pesquisadores aos participantes, em um movimento único e contínuo para a direita. Os resultados mostraram diferenças significativas na fase de retenção (realizada sem CR). O grupo que realizou a fase de prática com uma frequência reduzida de CR (66%) foi mais preciso e menos variável do que o grupo que praticou com uma frequência de 100% de CR. Os resultados desse estudo sugerem que frequências reduzidas de CR podem beneficiar a aprendizagem motora nos parkinsonianos, contrariando resultados de estudos anteriores<sup>31, 33</sup> em que as vantagens da aprendizagem foram encontradas para as altas frequências de feedback extrínseco. É importante ressaltar que nesses estudos foram utilizadas frequências muito reduzidas de CR, levando a uma aprendizagem menos eficaz da que os sujeitos que receberam CR após todas as tentativas. Já a utilização de uma frequência levemente reduzida (66%) pode ter ajudado os participantes com DP a confiar no feedback intrínseco<sup>30</sup>. Apesar da dificuldade de processamento das informações intrínsecas, as poucas tentativas em que o CR não foi apresentado podem ter contribuído para algum processamento dessas informações, evitando, ao mesmo tempo, a dependência ao feedback aumentado. Frequências muito reduzidas de feedback extrínseco, como as utilizadas nos estudos anteriores (20%, por exemplo), podem ter fornecido informações insuficientes, considerando o déficit de percepção e de controle motor apresentados por pessoas com a DP<sup>6, 34, 35</sup>.

Dessa forma, diferente dos resultados dos estudos que compararam frequência muito reduzidas de CR (20% e 0% respectivamente) com frequências de 100% e encontraram superior aprendizagem para a frequência aumentada em sujeitos com a DP, os autores concluíram que frequências ligeiramente reduzidas de CR (neste caso 66%) podem melhorar a aprendizagem motora em pacientes com a

DP, de maneira semelhante a que tem sido encontrada em pessoas adultas, sem comprometimento neurológico<sup>31,33</sup>. Visto que frequências reduzidas de CR podem melhorar a aprendizagem motora e a reabilitação geral dos pacientes com a DP e conhecendo os benefícios da prática autocontrolada, um estudo subsequente<sup>36</sup> foi realizado com o objetivo de verificar os efeitos da prática autocontrolada em sujeitos com a DP. Os autores utilizaram um arranjo autocontrolado de prática, relacionado ao uso de ajuda física, na aprendizagem de uma habilidade motora de equilíbrio. Tal grupo foi comparado a um grupo *yoked*, que recebeu um arranjo equiparado ao primeiro grupo, mas de forma externamente controlada. Os resultados também confirmaram os benefícios da aprendizagem autocontrolada para esta população.

Tendo em vista os resultados dos estudos anteriores, e a inexistência de estudos com tarefas com demanda de controle espacial, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da frequência autocontrolada de conhecimento de resultados na aquisição de uma habilidade motora, com demanda de controle espacial, em sujeitos adultos com a Doença de Parkinson. Para testar a hipótese que o fornecimento de CR beneficia a aprendizagem motora em sujeitos adultos com a DP, foi utilizada uma tarefa de posicionamento linear, similar à utilizada em estudo anterior<sup>30</sup> com a mesma população. O grupo autocontrolado recebeu CR apenas nas tentativas em que os participantes a solicitavam, enquanto que no grupo *yoked* o CR foi fornecido, pelo pesquisador, de forma equiparada ao grupo autocontrolado. Para avaliar a aprendizagem, testes de retenção e transferência foram realizados com um intervalo de 24 horas da fase de prática. Espera-se que o aprendiz que tenha a oportunidade de controlar um aspecto importante da sua prática, com uma participação mais ativa durante o processo de aprendizagem, se torne mais responsável e engajado, tendo como resultado uma aprendizagem mais eficiente.

## Metodologia

## Participantes

Fizeram parte da amostra vinte e dois indivíduos com a DP (14 homens e 8 mulheres), com idade entre 54 e 77 anos, (média de idade de 68,9 anos; grupo autocontrolado com média de 68,3 anos e grupo *yoked* com média de 69,5 anos), todos destros. Participaram apenas sujeitos com classificação entre 2 e 3 na escala de Hoehn e Yahr<sup>37</sup>. Os sujeitos estavam medicados para a DP e o estudo foi realizado no ciclo de medicação “on”. Para assegurar a homogeneidade entre os grupos, os sujeitos – cujas características de cada um se encontram na Tabela 1 - foram divididos quanto ao gênero (4 mulheres em cada grupo) e estágio clínico (6 participantes no estágio II e 5 participantes no estágio III, em cada grupo).

Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade. Os participantes não sabiam qual era o propósito do experimento nem tinham realizado a tarefa anteriormente.

----- Inserir Tabela 1 por aqui -----

## Equipamento e tarefa

O equipamento, para a tarefa de posicionamento linear, é constituído de uma barra metálica com cerca de 1m de comprimento, presa a uma base, com um cursor acoplado para deslocamento em linha reta (Figura 1). Os participantes foram posicionados com o ombro esquerdo no marco zero do dispositivo de medição fixado na barra, a fim de medir o deslocamento horizontal. Utilizando óculos de natação opacos para evitar a informação visual, os sujeitos foram convidados a mover o cursor, com a mão direita, da esquerda para direita, fazendo duas reversões (uma para esquerda e outra para direita), semelhante a um movimento de vai e vem, antes de atingir a meta desejada. Nas fases de prática e retenção, o objetivo da tarefa era atingir, após as duas reversões, 60 cm do ponto de partida; já na fase de transferência o objetivo era atingir 50 cm do ponto de partida.

----- Inserir Figura 1 por aqui -----

## Delineamento experimental e procedimentos

Os 22 sujeitos com a DP foram aleatoriamente alocados para um dos dois grupos do estudo, com um número igual de mulheres e classificação clínica em cada grupo. Ao grupo autocontrolado (AC) foi explicado que eles deveriam controlar a frequência de recebimento de CR, ou seja, que não o receberiam a não ser que solicitassesem. Também receberam a instrução para só solicitarem o CR quando realmente achassem necessário. Ao grupo com frequência externamente controlada de CR (EC) foi fornecido o CR de forma equiparada ao grupo AC, sujeito a sujeito. Estes participantes receberam a informação de que, às vezes, receberiam informação de CR e outras não, mas que todas as tentativas seriam válidas e utilizadas para posterior análise. Os sujeitos foram orientados a sentar de forma confortável em frente ao dispositivo da pesquisa, sendo informados de que o objetivo da tarefa era conduzir o cursor da esquerda para direita, fazendo uma reversão para esquerda e outra para direita, semelhante a um movimento de vai e vem, soltando-o no ponto desejado. Para prevenir o feedback visual, antes da primeira tentativa os sujeitos colocaram os óculos de natação adaptados. Também foi explicado a todos os sujeitos que deveriam esperar o aviso do pesquisador para iniciar a realização de cada tentativa. Após a realização do movimento, os dados eram anotados e o cursor era colocado no marco inicial pelo pesquisador. Todos os sujeitos realizaram 30 tentativas na fase de prática, enquanto nas fases de retenção e transferência foram realizadas 10 tentativas em cada fase. O feedback extrínseco informava aos sujeitos a direção (antes ou após o alvo) e a extensão do desvio do alvo (por exemplo 2,5 cm após). No segundo dia do experimento não foi fornecido nenhum feedback aos participantes. As fases de prática, retenção e transferência foram realizadas no mesmo horário, nos dois dias consecutivos.

## Análise dos dados

A variável dependente do estudo é o erro absoluto (EA), valor absoluto do erro de cada sujeito, ou seja, a diferença entre o objetivo da tarefa e a distância realizada pelos sujeitos, independente da sua direção. Os dados foram analisados em 6 blocos de cinco tentativas. Na fase de aquisição, os dados foram analisados através da análise de variância (ANOVA) 2 (grupo: autocontrolado versus *yoked*) X 6 (blocos de cinco tentativas), com medidas repetidas no último fator. Os dados das fases de retenção e transferência foram analisados separadamente, através da Anova *one-way*. O nível alpha de significância foi de 0,05 para todas as análises. Para análise comparando as tentativas com e sem CR da fase de prática, foi utilizada a ANOVA a 2 (tipo de tentativa: com CR versus sem CR) X 2 (metades de prática), com medidas repetidas no último fator.

## Resultados

### Fase de prática

Os participantes do grupo AC solicitaram CR após 35,76% das tentativas de prática. Os dois grupos diminuíram o EA de forma semelhante durante a fase de prática, sendo que o grupo autocontrolado iniciou levemente pior que o grupo externamente controlado, demonstrando, entretanto, um índice de erro menor no final das tentativas (Figura 2, à esquerda). Os resultados apresentaram diferenças significativas entre os blocos,  $F(5,100) = 48,68$ ,  $p < 0,01$ . Já a interação entre blocos e grupos  $F(5,100) = 2,56$ ,  $p > 0,05$  e a comparação entre os grupos não demonstraram diferença significativa nessa fase  $F(1,20) < 1$ .

Os resultados da comparação das tentativas com e sem CR durante essa fase não demonstraram diferenças significativas para essa variável entre as tentativas  $F(1,40) = 2,96$ ,  $p > 0,05$ , ou na interação entre grupos e tentativas  $F < 1$ .

### Retenção

No teste de retenção, um dia após a prática, os grupos demonstraram diferença significativa em erro absoluto,  $F(1,20) = 7,61$ ,  $p<0,05$  (ver Figura 2, à direita), a favor do grupo que recebeu frequência autocontrolada de CR.

### Transferência

Também realizada um dia após a prática e sem CR, indicou uma tendência de melhor resultado para o grupo autocontrolado, mas a ANOVA não detectou diferença significativa entre os grupos  $F(1,20) < 1$  (ver Figura 2, à direita).

----- Inserir Figura 2 por aqui -----

### Discussão

Atualmente a literatura mostra que pessoas com a DP diferem de pessoas sem comprometimento neurológico em diversas situações<sup>1, 31</sup>. Uma diferença importante é a diminuição na capacidade de percepção das informações cinestésicas, a qual pode estar associada a déficits neurológicos causados pela DP<sup>5,6</sup>. Tal fato tem como consequência a necessidade de fornecimento de uma maior quantidade de feedback extrínseco para essa população, em comparação com sujeitos típicos<sup>31, 32, 33</sup>.

Entretanto, os sujeitos do presente estudo solicitaram uma frequência autocontrolada de feedback bastante reduzida, cerca de 35%, similar à frequência de ajuda física solicitada por sujeitos com a DP em estudo anterior<sup>36</sup> (41%) e a frequências de CR solicitadas por sujeitos típicos em experimentos que utilizaram prática com autocontrole, como por exemplo, 35%<sup>27</sup> e 11,15%<sup>25</sup>.

Tal resultado é interessante, visto que esses pacientes apresentam um déficit proprioceptivo, ou seja, o processamento dos sinais cinestésicos em nível de sistema nervoso central (SNC) é anormal<sup>6</sup>. De acordo com os autores, os pacientes

com a DP que apresentam uma cinestesia degradada apresentam uma maior necessidade de receberem um feedback visual quando, por exemplo, estão recrutando as mãos para um trabalho manual, a fim de obterem, em tempo real, informações sobre a posição correta dos membros que estão sendo utilizados. Com esse déficit motor, seria normal supor que os sujeitos com a DP apresentassem uma maior dependência de feedback extrínseco que os sujeitos típicos, com o grupo que teve controle do fornecimento de CR solicitando frequências mais altas dessa informação do que a população sem a DP.

Mais importante: os resultados do presente estudo estão de acordo com estudos anteriores que utilizaram o arranjo autocontrolado de prática em sujeitos com a DP<sup>36</sup>, e em sujeitos sem comprometimento neurológico<sup>24, 25, 26, 27, 38</sup>, os quais sugeriam que o autocontrole de algum aspecto da prática também poderia beneficiar a aprendizagem de habilidades motoras em sujeitos com deficiências, como por exemplo, a DP. De fato, os resultados desse estudo mostraram que o grupo que praticou com frequência autocontrolada de CR obteve maior aprendizagem, medida em teste de retenção, do que o grupo que recebeu frequência equiparada, externamente controlada.

Wulf & Toole<sup>29</sup> tentam justificar, em seu estudo, os benefícios de aprendizagem dos participantes que recebem um arranjo de prática autocontrolada. Os autores acreditam que os sujeitos que tiveram a possibilidade de ter uma participação mais ativa no processo de aprendizagem, como no caso do autocontrole de CR, apresentam um engajamento mais efetivo nas atividades de processamento de informações e isso pode beneficiar a sua aprendizagem em comparação aos grupos que praticam sem o controle dessa variável. De acordo com os autores, os sujeitos do grupo autocontrolado podem testar estratégias de aprendizagem durante a fase de prática, fato que não ocorre com os sujeitos que recebem CR de forma aleatória (para eles), externamente controlada.

Outros estudos sobre a variável CR autocontrolado mostraram que os sujeitos não solicitam o CR de forma aleatória. Eles utilizam a possibilidade de determinar o momento de receber a informação de CR como uma estratégia, que geralmente consiste em utilizar o CR após as tentativas eficientes; provavelmente para confirmar se o seu desempenho está próximo ou não do alvo<sup>27, 39</sup>. Os autores destes estudos

aplicaram um questionário para verificar quando e porque o grupo autocontrolado solicitou o CR e verificaram que esses sujeitos solicitaram CR após as boas tentativas. Também realizaram uma análise das tentativas com e sem CR e verificaram que os participantes do grupo autocontrolado receberam CR após boas tentativas mais freqüentemente que o grupo yoked. Com isso justifica-se mais uma fonte de benefícios desse arranjo, pois os aprendizes podem utilizar o CR de acordo com suas necessidades e/ou preferências<sup>27</sup>, que geralmente consistem em solicitar CR após as “boas” tentativas de prática.

Entretanto, no presente estudo, não foram encontradas diferenças entre as tentativas com e sem CR, resultado similar ao encontrado em estudo anterior com a mesma população<sup>36</sup>. Tal resultado pode significar que sujeitos com a DP utilizam uma estratégia diferente da utilizada por sujeitos típicos em experimentos anteriores.

Em outro estudo, foi verificado também que a solicitação de CR após a realização das tentativas de prática levou a maior aprendizagem do que a solicitação de CR antes da realização das tentativas, o que demonstra que o resultado da tentativa realizada é fundamental para a decisão do CR<sup>39</sup>.

Um potencial benefício do autocontrole no processo de aprendizagem pode ser a individualização desse processo<sup>40</sup>. Dessa forma, o participante pode criar suas próprias estratégias de aprendizagem, determinando quando e por que quer receber o CR. Uma vez que o aprendiz tem uma participação mais ativa, ele pode, com esse processo, se tornar mais responsável e, com isso, aprender a tarefa de uma forma mais eficaz em comparação a um aprendiz que recebe o CR de forma externamente controlada, muitas vezes aleatória. Sem a possibilidade de testar estratégias, ou de confirmar se uma tentativa foi correta ou não, sujeitos do grupo externamente controlado podem ter se tornado menos sensíveis ao erro, resultando em uma aprendizagem menos eficaz.

Concluímos, com esse estudo, que um arranjo autocontrolado de CR pode proporcionar uma melhor aprendizagem em sujeitos que apresentam a DP, comparando com sujeitos que recebem o CR de forma aleatória, externamente controlada. Essa constatação pode ser importante para os profissionais da área da saúde, que trabalham com essa população, pois se observa que o processo de

reabilitação dos pacientes com a DP pode ser favorecido à medida que os fisioterapeutas, educadores físicos, terapeutas ocupacionais, entre outros, forneçam um pouco de autonomia no processo de aprendizagem. Dessa forma, os pacientes com a DP poderão se tornar mais engajados nesse processo e, assim, (re) aprender habilidades motoras de forma mais eficaz.

O futuro das pesquisas envolvendo os fatores que afetam a aprendizagem motora e a DP pode ser direcionado a outras tarefas também específicas às suas limitações, como por exemplo, a instabilidade postural e a marcha. Diante do exposto, esperamos que um maior conhecimento dos fatores que afetam a aprendizagem motora na DP possa contribuir com o processo de reabilitação desses pacientes, além de limitar a evolução dos sintomas da patologia, tornando-os mais independentes pelo maior tempo possível.

## Referências Bibliográficas

01. Jankovic J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2008;79: 368-76.
02. Berardelli A, Rothwell JC, Thompson PD, Hallett M. Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. *Brain.* 2001;124:2131-46.
03. Maschke M, Gomez CM, Tuite PJ, Konczak J, Dysfunction of the basal ganglia, but not the cerebellum, impairs kinaesthesia. *Brain.* 2003;126: 2312-22.
04. Konczak J, Corcos DM, Horak F, Poizner H, Shapiro M, Tuite P, Volkmann J, Maschke M, Proprioception and motor control in Parkinson's disease. *J. Mot. Behav.* 2009;41: 543-52.
05. Adamovich SV, Berkinblit MB, Hening W, Sage J, Poizner H. The interaction of visual and proprioceptive inputs in pointing to actual and remembered targets in Parkinson's disease. *Neuroscience.* 2001;104:1027-41.
06. Contreras-Vidal JL, Gold DR. Dynamic estimation of hand position is abnormal in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat. Disord.* 2004;10: 501-6.
07. Demirci M, Grill S, McShane L, Hallett M. A mismatch between kinesthetic and visual perception in Parkinson's disease. *Ann. Neurol.* 1997;41: 781-8.
08. Herman T, Giladi N, Gruendlinger L, Hausdorff JM, Six weeks of intensive treadmill training improves gait and quality of life in patients with Parkinson's disease: a pilot study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2007; 88: 1154-8.
09. Tillerson JL, Caudle WM, Reveron ME, Miller GW, Exercise induced behavioral recovery and attenuates neurochemical deficits in rodent models of Parkinson's disease. *Neuroscience.* 2003;119: 899-911.
10. Nieuwboer A, Rochester L, Muncks L, Swinnen SP, Motor learning in Parkinson's disease: limitations and potential for rehabilitation. *Parkinsonism Relat. Disord.* 2009;15: 53-8.
11. Abbruzzese G, Trompetto C, Marinelli L. The rationale for motor learning in Parkinson's disease. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2009;45: 209-14.
12. Krakauer JW. "Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation." *Current Opinion in Neurology.* 2006;19: 84-90.
13. Wulf G, Landers M, Lewthwaite R, Tölnner T, External Focus Instructions Reduce Postural Instability in Individuals With Parkinson Disease. *Physical Therapy.* 2009;89: 162-72.
14. Magill, RA. Motor learning: concepts and applications. 3rd ed. Iowa: Wm. C. Brown, 1989.
15. Adams JA. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior.* 1971;3: 111-149.
16. Schmidt RA, A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review.* 1975;82: 225-60.
17. Bilodeau EA, Bilodeau IM, Schumsky DA. Some effects of introducing and withdrawing knowledge of results early and late in practice. *Journal of Experimental Psychology.* 1959;58: 142-144.
18. Bilodeau EA, Bilodeau IM. Variable frequency of knowledge of results and the learning of a simple skill. *Journal of Experimental Psychology.* 1958;55: 379-383.
19. Salmoni, A.; Schmidt, R.A.; Walter, C.B. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin, Princeton,* v.95, p.355-86, 1984.

20. Winstein CJ, Schmidt RA, Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*. 1990;16: 677-91.

21. Wulf G, Reducing knowledge of results can produce context effects in movements of the same class. *Journal of Human Movement Studies* 1992;22: 71-84. 1992

22. Wulf G, Lee TD, Schmidt RA, Reducing knowledge of results about relative versus absolute timing: Differential effects on learning. *Journal of Motor Behavior*. 1994;26: 362-69.

23. Wulf G, Schmidt RA, The learning of generalized motor programs: Reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory. *J. Exp. Psychol.: Learn., Mem. Cogn.* 1989;15: 748-57.

24. Janelle CM, Kim J, Singer RN, Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. *Perceptual and Motor Skill*. 1995;81: 627-34.

25. Janelle CM, Barba DA, Frehlich SG, Tennant LK, Cauraugh JH, Maximizing performance effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1997;68: 269-79.

26. Alcântara LB, Alves MAF, Santos RCO, Medeiros LK, Gonçalves WR, Fialho JV, Ugrinowitsch H, Benda RN. Efeito do conhecimento de resultados autocontrolado na aprendizagem de habilidades motoras em idosos. *Brazilian Journal of Motor Behavior*. 2007;1: 22-30.

27. Chiviacowsky S, Wulf G. Self-controlled feedback: Does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2002;73: 408-415.

28. Patterson JT, Carter M, Learner regulated knowledge of results during the acquisition of multiple timing goals *Human Movement Science*. 2010;29: 214-27.

29. Wulf G, Toole T, Physical assistance devices in complex motor skill learning: Benefits of a self-controlled practice schedule. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1999;70: 265-72.

30. Chiviacowsky S, Campos T, Domingues M. Reduced Frequency of Knowledge of Results Enhances Learning in Persons with Parkinson's disease. *Frontiers in Psychology*. 2010;1: 1-6.

31. Guadagnoli MA, Leis B, Van Gemert AW, Stelmach GE. The relationship between knowledge of results and motor learning in Parkinsonian patients. *Parkinsonism Relat. Disord.* 2002;9: 89-95.

32. Onla-or S, Winstein CJ, Determining the optimal challenge point for motor skill learning in adults with moderately severe Parkinson's disease. *Neurorehabil. Neural Repair*. 2008;22: 385-95.

33. Verschueren SM, Swinnen SP, Dom R, De Weerdt W, Interlimb coordination in patients with Parkinson's disease: motor learning deficits and the importance of augmented information feedback. *Exp. Brain Res.* 1997;113: 497-508.

34. Rabin E, Muratori L, Svokos K, Gordon A, Tactile/proprioceptive integration during arm localization is intact in individuals with Parkinson's disease. *Neurosci Lett*. 2010;470(1):38-42.

35. Rand MK, Stelmach GE, Bloedel JR. Movement accuracy constraints in Parkinson's disease patients. *Neuropsychologia*. 2000;38(2):203-12.

36. Chiviacowsky S, Wulf G, Lewthwaite R, Campos T. Learning benefits of self-controlled practice in persons with Parkinson's disease. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2011, 33, Supplement, S62-S63.

37. Goetz CG, Poewe W, Rascol O, Sampaio C, Stebbins GT, Counsell C, Giladi N, Holloway RG, Moore CG, Wenning GK, Yahr MD, Seidl L. Movement

Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations. *Mov. Disord.* 2004;19: 1020-8.

38. Chiviacowsky S, Wulf G, Medeiros F, Kaefer A, Tani G. Learning benefits of self-controlled knowledge of results in 10-year old children. *Research Quarterly for Exercise and Sport.* 2008;79(3): 405-410.

39. Chiviacowsky S, Wulf G. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport.* 2005;76(1): 42-48.

40. Chiviacowsky S, Treptow JG, Tani G, Meira JR, CM, Schild JFG. . Conhecimento de resultados auto-controlado: efeitos na aprendizagem de diferentes programas motores generalizados. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.* 2009;9:175-182.

## Abstract

Parkinson Disease (PD) is a neurodegenerative disorder that compromises dopamine production. This situation leads to motor and non-motor dysfunction. Nowadays, there are not many researches involving DP, control and motor learning. The aim of this study was to investigate the effects of self-controlled frequency of knowledge of results (KR), in the acquisition of a motor ability, with demand for space control in adult subjects with Parkinson Disease. Twenty-two individuals, aged between 54 and 77 years, with DP were randomly divided into two groups. The self-controlled group received CR only in trials in which it was requested, while the externally controlled group received CR in the same way, subject by subject, of the self-controlled group. A task of linear displacement with a space target was used. The subjects performed the task with the dominant hand and blindfolded. During acquiring and retention stages, the objective was to place a traveler at a distance of 60cm from ground zero, and during transfer stage at 50cm. The hypothesis is that the self-controlled frequency of CR makes the learning more effective than the externally controlled group, similar to preview studies with subjects without Parkinson Disease. The results showed significant differences, benefiting the learning of the self-controlled group during the retention stage, which was performed without CR. This way, the benefits of self-controlled CR can make the motor learning of subjects with DP more effective, in a similar way to researches with individuals without neurological commitments.

Key words: Motor Learning, self-controlled feedback, Parkinson Disease, knowledge of results.

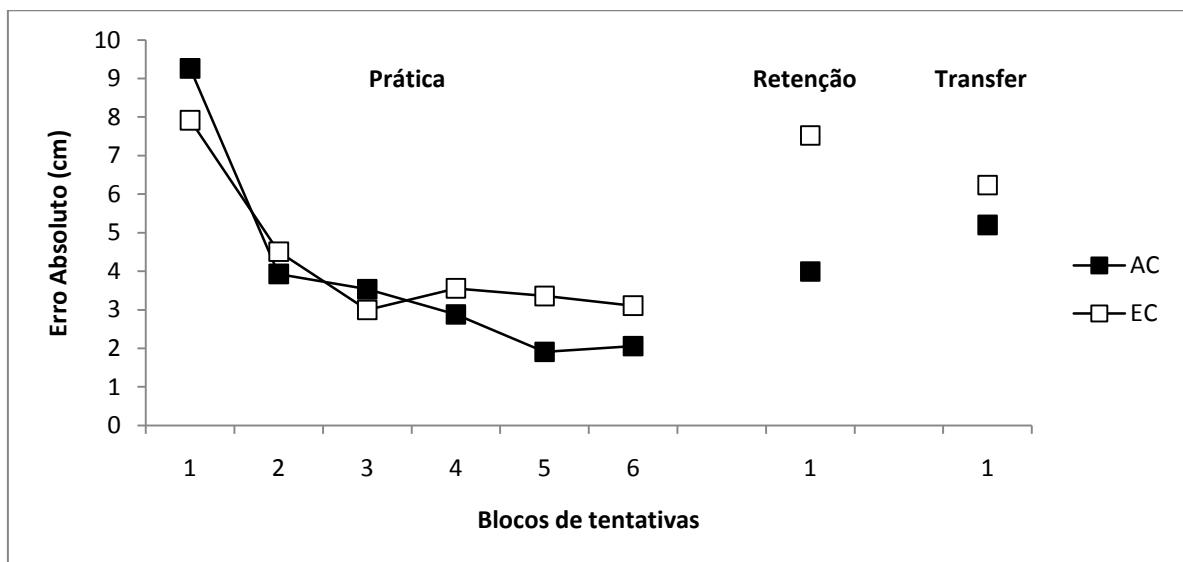
Tabela 1: Características dos sujeitos da amostra: T – tremor, R- rigidez, B – bradicinesia, P- prolopa, M- mantidan, S- sifrol, CL carbidopa + levodopa, A- artani, N – niar, SL – seregilina e BN – biperideno.

Sujeitos	Anos com a DP	Sintomas	Medicação	Idade (anos)	H & Y	Sexo
1	18	T, B	P, N	68	3	M
2	2	T,B,R	P	76	2	M
3	6	B,R	P, M	54	2	F
4	5	T, B, R	CL, SL	58	2	F
5	2	T, R	P,S	72	3	M
6	5	R	CL, M	74	2	M
7	10	T, B	P, S, M	68	3	M
8	13	B, R	P, A	71	2	F
9	7	T, B	P,M	68	3	F
10	5	T, B	P, BN	74	3	M
11	5	R	P, S	69	2	M
12	4	T, R	CL	77	2	F
13	11	T, R	CL, BN	61	3	M
14	4	B, R	P, M, S,	56	2	F
15	5	B	P, M, S	77	3	M
16	5	T, B	S	66	2	F
17	5	T,B	S	66	2	F
18	4	T,B	P, M	76	3	M
19	3	T,B,R	P	68	2	M
20	4	T,B, R	P, M	66	3	M
21	4	T, B	P, M	75	3	M
22	15	T, B	CL, M, S	68	2	M

Figura 1: Participante com os óculos e posicionado no equipamento



Figura 2: Escores de erro absoluto dos grupos autocontrolado e *yoked* nas fases de prática, retenção e transferência.



4. Comunicado à Imprensa  
(Dissertação de Mestrado de Tiago Pereira Campos)



## Feedback auto controlado pode beneficiar a aprendizagem motora em idosos com a Doença de Parkinson

O fisioterapeuta Tiago Pereira Campos realizou um estudo em Pelotas, junta a Escola Superior de Educação Física (ESEF), com 22 participantes que apresentam a Doença de Parkinson (DP). O objetivo do trabalho foi investigar os efeitos da frequência autocontrolada de conhecimento de resultados, na aquisição de uma habilidade motora, com demanda de controle espacial em sujeitos adultos com a Doença de Parkinson. A pesquisa, orientada pela professora Dr<sup>a</sup> Suzete Chiviacowsky, foi realizada entre os meses de setembro e outubro de 2010, como parte de trabalho de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Escola Superior de Educação Física, da Universidade Federal de Pelotas.

A pesquisa abordou a variável feedback autocontrolado, na qual o aprendiz toma as decisões das variáveis de aprendizagem durante o decorrer do processo de aprendizagem, ou seja, ele determina quando e com que freqüência pretende receber o resultado da tentativas que está realizando, desta forma com uma participação mais ativa no processo de aprendizagem. Essa pesquisa se justifica porque diversos autores desta área de conhecimento estão demonstrando em suas pesquisas que sujeitos sem deficiências neurológicas estão se beneficiando com essa estratégia de aprendizagem.

Os resultados mostraram que os parkinsonianos que receberam o feedback autocontrolado aprenderam a executar a tarefa de forma mais satisfatória do que o grupo que recebeu o feedback externamente controlado, ou seja, controlado pelo pesquisador e não pelo aprendiz.

O estudo destaca que o futuro das pesquisas envolvendo os fatores que afetam a aprendizagem motora e a DP podem ser direcionas a tarefas mais específicas às suas limitações, como por exemplo, a instabilidade postural e a marcha. Desta forma os pesquisadores esperam que um maior conhecimento dos fatores que afetam a aprendizagem motora na DP possa contribuir com o

processo de reabilitação desses pacientes, limitando a evolução dos sintomas da patologia e tornando-os mais independentes pelo maior tempo possível.