UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

EFEITOS DE DOIS PROGRAMAS DE EXERCÍCIOS FÍSICOS NAS CAPACIDADES
FUNCIONAIS E ESTRUTURAS CEREBRAIS DE IDOSAS

MARIA CECÍLIA OLIVEIRA DA FONSECA

SÃO PAULO

2010

EFEITOS DE DOIS PROGRAMAS DE EXERCÍCIOS FÍSICOS NAS CAPACIDADES
FUNCIONAIS E ESTRUTURAS CEREBRAIS DE IDOSAS

MARIA CECÍLIA OLIVEIRA DA FONSECA

Dissertação apresentada à Escola de Educação
Física e Esporte da Universidade de São Paulo,
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação Física.

ORIENTADOR: PROF^a.DR^a. SUELY DOS SANTOS

Fonseca, Maria Cecília Oliveira da
Efeitos de dois programas de exercícios físicos nas
capacidades funcionais e estruturas cerebrais de idosas / Maria
Cecília Oliveira da Fonseca – São Paulo : [s.n.], 2010.
vi, 166p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e
Esporte da Universidade de São Paulo.
Orientadora: Profa. Dra. Suely dos Santos.

1. Idosos 2. Capacidades funcionais
3. Estruturas cerebrais I. Título.

DEDICATÓRIA

A você, Jopê, por seres TUDO o que és.

Ao Professor, D^a Mãe, Nonas e Jhonis,
por me apoiarem, sempre!

AGRADECIMENTOS

Na Qualificação foi dito que eu precisaria ter muita paciência e persistência nesse trabalho, pois dependeria de muitas pessoas. Essas “pessoas” tomaram rosto e aqui dirijo meus mais sinceros agradecimentos por tudo o que fizeram.

Ao meu Anjo, João Pedro, por me permitir viver o que as palavras Amor e Companheirismo significam. Tem aqui meu eterno agradecimento pela participação em todas as etapas.

À minha família, por todo o suporte, e ao Professor, pela revisão do trabalho escrito.

À Prof^a Dr^a. Suely Santos, pela orientação e contribuições para minha formação acadêmica.

À banca, Prof^a Dr^a. Lilian Gobbi e Prof^a Dr^a. Andrea Freudenheim, pelas contribuições.

Ao Prof^o Dr. Edson Amaro Jr. e toda sua equipe, por me receberem de braços abertos e permitirem que grande parte desse trabalho fosse realizado.

Ao Prof^o. Dr., e amigo, João Ricardo Sato, pelo incrível apoio e invejável disposição .

Ao Gilson Vieira, pela paciência e ajuda na fase de processamento dos dados.

Aos biomédicos do Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas, em especial à Vivian Sarcomano, por colaborarem nas coletas das ressonâncias magnéticas.

Ao casal simpático, Paula e Diego, que muito ajudaram na fase de aplicação dos programas.

A todos os membros do LACOM, especialmente ao Marcelo Nunes, Mariana Franzoni, Cleverton, Rejane, pela ajuda nas coletas, e ao Luciano Basso, pelas discussões acerca do “melhor” tratamento estatístico.

Às participantes do estudo, Ana, Yara, Angelina, Auriluci, Clélia, Cleusa, Gessi, Lidia, Maria Aparecida, Cecília, Maria Efigênia, Maria Margarida, Maria Venâncio, Marlisa, Rosélia, Anita, Alzira, Clarice, Irany, Lorerey, Luisa, Marcia, Maria Auxiliadora, Maria do Carmo, Marta, Nirce, Regina, Rosalina, Stella e Virginia, MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Lista de Figuras.....	iii
	Lista de Quadros.....	iv
	Lista de Anexos.....	vi
	Lista de siglas, abreviações e símbolos.....	vii
	Resumo.....	x
	Abstract.....	xii
1	Introdução.....	1
2	Revisão da literatura.....	4
	2.1 Envelhecimento.....	4
	2.2 Capacidades Motoras e o Envelhecimento.....	7
	2.2.1 Envelhecimento e Força muscular.....	9
	2.2.2 Envelhecimento e Flexibilidade.....	10
	2.2.3 Envelhecimento e Capacidade Aeróbia.....	12
	2.3 Envelhecimento e Treinamento das Capacidades Motoras.....	13
	2.4 Envelhecimento, equilíbrio e exercício físico.....	17
	2.5 Envelhecimento e Sistema Nervoso.....	20
	2.5.1 Exercício Físico e o Sistema Nervoso.....	22
	2.6 Envelhecimento, Exercício Físico e Aprendizagem Motora.....	35
3	Objetivo.....	37
4	Método.....	37
	4.1 Amostra.....	38
	4.2 Medidas.....	39
	4.2.1 Anamnese.....	39
	4.2.2 Questionário de Baecke.....	39
	4.2.3 Mini-mental.....	40
	4.2.4 Avaliação das capacidades motoras.....	40

	4.2.5 Avaliação do equilíbrio.....	41
	4.2.6 Ressonância Magnética.....	42
	4.2.6.1 Aparelho.....	46
	4.2.6.2 Processamento das imagens de RM.....	48
	4.3 Programas de exercícios físicos.....	49
	4.3.1 Grupo Condicionamento físico.....	49
	4.3.2 Grupo Jogos.....	51
	4.4 Delineamento experimental.....	53
	4.5 Análise dos Resultados.....	55
5	Resultados.....	57
	5.1 Análise descritiva e inferencial do desempenho antes e após o período de intervenção, na bateria de testes de capacidade funcional e teste de equilíbrio.....	58
	5.2 Análise da espessura cortical e volume de estruturas relacionadas a áreas motoras e de aprendizagem.....	65
	5.2.1 Análise da RM baseada em superfície.....	65
	5.2.2 Análise da RM baseada em volume de estruturas corticais e subcorticais.....	66
6	Discussão.....	69
7	Conclusões.....	84
8	Referências bibliográficas.....	85
	Anexos.....	97

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Aparelho de RM intera achieve, Philips healthcare.....	47
FIGURA 2	- Ilustração de uma sessão de exercícios do Grupo Condicionamento Físico.....	50
FIGURA 3	- Ilustração de uma sessão de exercícios do Grupo Jogos.....	52
FIGURA 4	- Desenho do estudo.....	54
FIGURA 5	- Desenho esquemático dos passos executados pelo script <i>recon-all</i> do <i>FreeSurfer</i>	56
FIGURA 6	- Médias e desvios-padrão referente ao desempenho nos testes de força de MMII (6A) e força de MMSS (6B), dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.....	58
FIGURA 7	- Médias e desvios-padrão referente ao desempenho nos testes de flexibilidade de MMII (7A) e MMSS (7B), dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.....	60
FIGURA 8	- Médias e desvios-padrão referente ao desempenho nos testes de agilidade/equilíbrio dinâmico (8A) e de capacidade aeróbia (8B), dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.....	61
FIGURA 9	- Médias e desvios-padrão referente ao desempenho nos testes de equilíbrio pé direito olho aberto (9A), equilíbrio pé direito olho fechado (9B), equilíbrio pé esquerdo olho aberto (9C) e equilíbrio pé esquerdo olho fechado (9D), dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.....	62

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	Síntese de estudos de intervenção que promoveram alterações nas capacidades motoras de idosos.....	16
QUADRO 2 -	Caracterização dos grupos.....	39
QUADRO 3 -	Bateria de testes de capacidade funcional de Fullerton.....	41
QUADRO 4 -	Periodização do treinamento das capacidades motoras durante 14 semanas.....	50
QUADRO 5 -	Médias e desvios-padrão referentes ao perfil dos grupos quanto ao nível de atividade física (Baecke), estado mental (minimal), escolaridade, idade e IMC dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.....	57
QUADRO 6 -	Médias e desvios-padrão referente ao desempenho na bateria de testes de capacidades funcionais e testes de equilíbrio dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.....	65
QUADRO 7 -	Resultados referentes ao <i>teste-t</i> pareado realizado sobre o desempenho do programa Condicionamento Físico na bateria de testes funcionais e testes de equilíbrio.....	115
QUADRO 8 -	Resultados referentes ao <i>teste-t</i> pareado realizado sobre o desempenho do programa Jogos na bateria de testes funcionais e testes de equilíbrio.....	115
QUADRO 9 -	Resultados referentes ao <i>teste-t</i> pareado realizado sobre o desempenho do grupo Controle na bateria de testes funcionais e testes de equilíbrio.....	116
QUADRO 10 -	Resultados referentes ao <i>teste-t</i> pareado realizado sobre os valores dos volumes das estruturas corticais e subcorticais do	116

programa Condicionamento Físico.....	
QUADRO 11 - Resultados referentes ao <i>teste-t</i> realizado sobre os valores dos volumes das estruturas corticais e subcorticais do programa Jogos.....	117
QUADRO 12 - Resultados referentes ao <i>teste-t</i> realizado sobre os valores dos volumes das estruturas corticais e subcorticais do grupo Controle.....	119
QUADRO 13 - Resultados referentes ao <i>anova-one-way</i> dos deltas dos volumes das estruturas corticais e subcorticais, dos programas de exercícios físicos e do grupo Controle.....	120
QUADRO 14 - Programa de conteúdos das aulas do programa Jogos.....	122

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I	- Mini exame do estado mental.....	96
ANEXO II	- Questionário de atividade física de BAECKE modificado para idosos.....	97
ANEXO III	- Anamnese.....	100
ANEXO IV	- Bateria de testes de capacidade funcional de Fullerton.....	101
ANEXO V	- SRQ 20 - Self Report Questionnaire (questionário de auto-avaliação).....	102
ANEXO VI	- Questionário de lateralidade.....	103
ANEXO VII	- Questionário V A M S - PRÉ.....	104
ANEXO VIII	- Questionário V A M S - PÓS.....	105
ANEXO IX	- Questionário da avaliação do experimento.....	106
ANEXO X	- Termo de consentimento livre e esclarecido.....	107
ANEXO XI	- Carta de aprovação deste projeto de pesquisa pelo CEP da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.....	110
ANEXO XII	- Exemplo de plano de aula do programa Condicionamento Físico	111
ANEXO XIII	- Exemplo de plano de aula do programa Jogos.....	112
ANEXO XIV	- Quadros referentes aos resultados dos testes funcionais e testes de equilíbrio e resultados referentes às estruturas cerebrais.....	114
ANEXO XV	- Quadro referente ao programa de conteúdo das aulas do programa Jogos.....	121

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

RM	Ressonância magnética
SNC	Sistema nervoso central
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística
ACSM	Colégio americano de medicina esportiva
SESC	Serviço Social do Comércio
AVDs	Atividades da vida diária)
AIVDs	Atividades instrumentais da vida diária
VO _{2max}	Consumo máximo de oxigênio
N	Número de participantes
x	Periodicidade semanal do treinamento
s	Semanas do treinamento
m	Minutos
H	Participantes do sexo masculino
M	Participantes do sexo feminino
a	Idade dos participantes
±	Aproximadamente
cap	Capacidade
↑	Aumento
↓	Diminuição
PA	Pressão arterial
ND	Informação não disponível
AA	Amplitude articular
FNP	Facilitação neuromuscular proprioceptiva
CF	Capacidades funcionais
CVM	Contração voluntária máxima
CM	Centro de massa
SNP	Sistema nervoso periférico

LDL	Lipoproteína de baixa densidade
TA	Treinamento acrobático
TF	Treinamento em esteira forçado
TV	Treinamento em esteira voluntário
I	Inatividade
ICMS	Micro estimulação intracortical
mRNA	Ácido ribonucleico mensageiro
BrdU	Forma sintética de timidina
PET	Tomografia de emissão de pósitron
MEP	Potencial motor evocado
BDNF	Fatores de crescimento neural
TR	Tempo de reação
TM	Tempo de movimento
^1H	Núcleos magnéticos do hidrogênio
T	Tesla
MHz	Mega-Herz
mm	Milímetros
FSPGR	Fast SPoiled GRASS
3D	Três dimensões
RMf	Ressonância magnética funcional
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
USP	Universidade de São Paulo
MEEM	Mini-Exame do Estado Mental
IMC	Índice de massa corporal
Kg/Mt^2	Quilogramas/metro ao quadrado
Inrad	Instituto de Radiologia
HC	Hospital das clínicas
FMUSP	Faculdade de medicina da Universidade de São Paulo
BOLD	<i>Blood Oxygen Level Dependent</i>

QDEC	Query, Design, Estimate, Contrast
rep.	repetições
min	Minutos
sem	Semanas
MMII	Membros inferiores
MMSS	Membros superiores
m	Metros
s	Segundos
CPU	Processador

RESUMO

EFEITOS DE DOIS PROGRAMAS DE EXERCÍCIOS FÍSICOS NAS CAPACIDADES MOTORAS E ESTRUTURAS CEREBRAIS DE IDOSAS

Autor: MARIA CECÍLIA OLIVEIRA DA FONSECA

Orientador: PROF^a.DR^a. SUELY DOS SANTOS

O declínio das capacidades motoras é inevitável ao longo do envelhecimento, porém, a curva desse declínio pode ser reduzida quando o exercício físico é utilizado como forma de intervenção. Em geral, envolvem a repetição de movimentos cíclicos e de baixa complexidade, com o objetivo de aumentar a eficiência fisiológica dos praticantes. Entretanto, há evidências que comprovam a plasticidade cerebral de animais, inclusive em animais idosos, que foram expostos a ambientes e experiências enriquecedoras. Estudos com humanos permitiram observar que os efeitos da aprendizagem de habilidades motoras estão associados a mudanças não apenas comportamentais, mas também nas estruturas cerebrais. Os resultados desses estudos têm sido discutidos em termos do esforço cognitivo relativo ao processo de aprendizagem e, em especial, das habilidades motoras complexas. Neste sentido, este estudo pretendeu verificar os efeitos de dois programas de exercícios físicos nas estruturas cerebrais e capacidades motoras de idosas. Mais especificamente, em uma situação experimental de ensino, foram aplicados dois programas de exercícios físicos, um voltado para a prática de habilidades motoras complexas e o outro voltado especificamente para a prática de movimentos de baixa complexidade (simples). Foram avaliados os efeitos desses programas sobre as estruturas cerebrais, por meio de ressonância magnética cerebral e, também, sobre as capacidades motoras, por meio de testes de capacidade funcional. Participaram do estudo 40 mulheres com idade média de 66,56 anos. Foram formados 3

grupos: Condicionamento Físico, Jogos e Controle. O programa de exercícios teve a duração de 14 semanas, com 3 sessões semanais. As avaliações ocorreram no início e no final dos programas nos 3 grupos. Os resultados revelaram que o grupo controle não apresentou mudanças significantes nas capacidades motoras nem em relação às estruturas cerebrais. O grupo Condicionamento Físico obteve melhora significativa no desempenho dos testes de força de membros superiores, flexibilidade de membros inferiores e agilidade/equilíbrio dinâmico. Já o grupo Jogos demonstrou aumento significativo no desempenho dos testes de flexibilidade de membros inferiores, agilidade/equilíbrio dinâmico e equilíbrio pé direito olho aberto. Entretanto, nenhum dos grupos, inclusive daqueles que praticaram exercícios físicos, apresentou mudanças significantes no que diz respeito às estruturas cerebrais. Concluiu-se que os programas de exercícios físicos foram parcialmente efetivos para a melhora das capacidades motoras, mas não promoveram alterações na estrutura cerebral.

Palavras-chave: Idoso, exercício físico, capacidade motora, plasticidade cerebral.

ABSTRACT

EFFECTS OF TWO PHYSICAL EXERCISE PROGRAMS IN MOTOR CAPACITIES AND BRAIN STRUCTURES OF ELDERLY WOMEN

AUTHOR: MARIA CECÍLIA OLIVEIRA DA FONSECA

ADVISOR: PROF^a. DR^a. SUELY DOS SANTOS

Although the diminishing in the motor abilities is inevitable along the aging process, the tendency of this decrease may be reduced when physical exercise is used as an intervention. These interventions, in general, include the repetition of movements which are cyclical and have low complexity, aiming to increase physiological efficiency of the practitioners. There are evidences of animal's brain plasticity, including elderly animals, which have been exposed to enriching environments and experiences. Studies with human beings have lead to the conclusion that the motor learning effects are associated to changes not only behavioral, but also in brain structure. The results of these studies have been discussed in terms of the cognitive effort related to the learning process and, specially, to the complex motor skills. Therefore this study aimed to verify the effects of two programs of physical exercises on the brain structure and motor capacities of elderly women. Specifically, in an experimental teaching condition, there have been developed two physical exercises programs: one oriented to the practice of complex motor skills; and the other directed to the practice of low complexity movements (simple). The effects of these programs in the brain structure have been evaluated through cerebral magnetic resonance and, also, in the motor capacities through functional capacities tests. Forty women with mean age of 66.56 years old have taken part of the study. There were three groups: Fitness, Games and Control. The exercises programs were developed during 14 weeks, with 3 sessions per week. The evaluations were in the beginning and in the end

of the program. Results showed that the Control group has neither presented changes in their motor capacities nor related to their brain structures. The Fitness group significantly improved its performance in the tests for upper body strength, flexibility of the limbs and agility/ dynamic balance. The Games group demonstrated significant increase in the test for flexibility of the limbs, agility/dynamic balance and balance right foot open eye. Even though, none of the groups, including those which have practiced physical exercises, presented changes in their brain structures. In conclusion, the physical exercise programs have been partially effective for the improvement of the motor capacities, but have not brought changes in the brain structure.

Key Words: Elderly, physical exercises, moving capacity/ ability, brain plasticity.

1 Introdução

O aumento da longevidade tem sido crescente, por isso as preocupações sociais devem ir além das questões ligadas aos dados numérico-demográficos, aposentadoria, tratamento de doenças, ou do desenvolvimento de tecnologias anti-envelhecimento. Elas devem ir ao encontro das demandas desse segmento da população e estar comprometidas com a melhoria da qualidade de vida.

O envelhecimento pode ser entendido como a consequência da passagem do tempo no organismo, mas dada sua complexidade, essa visão torna-se muito limitada. Sendo assim, ele pode ser definido como sendo uma fase do desenvolvimento, que assim como qualquer outra, envolve perdas, ganhos, manutenções e transformações de funções e estruturas do organismo. No entanto, o que chama mais atenção é que nesta etapa as perdas superam os ganhos, pois a capacidade que os sistemas orgânicos têm de reparar suas funções são reduzidas (FONSECA, 2004).

Um indicativo de transformações surgidas com o avanço da idade é a diminuição gradual das capacidades motoras que, segundo BARBANTI (1997, 2003), são aquelas que permitem realizar uma série de habilidades motoras, como força, velocidade, resistência, agilidade e flexibilidade. Dependendo da gravidade desta redução, o indivíduo pode estar exposto a um risco aumentado de adquirir doenças e a um decréscimo significativo na capacidade para desempenhar funções primordiais, como a locomoção.

O movimento é, portanto, necessário para a realização de tarefas e concretização de objetivos pessoais, tanto de caráter cotidiano (alimentação, higiene pessoal) (OKUMA, 1998; ANDREOTTI, 1999), quanto geral (atividades recreativas, esportivas ou trabalho). Desta forma, para que o indivíduo viva de forma satisfatória, é esperado que ele tenha eficiência e competência motora para atingir suas metas.

Quando praticado regularmente, o exercício físico mostra-se eficiente na diminuição de perdas que afetam diretamente funções do organismo e do aparelho locomotor, contribuindo para a melhora da qualidade de vida. Diversos estudos

confirmam a efetividade e importância desta atividade sistematizada, particularmente, durante a velhice (SHEPHARD, 1997; ZAGO, PAULA, VILLAR, SILVA & GOBBI, 2000; PERINI, FISHER, VEICSTEINAS & PENDERGAST, 2002; CAVANI, MIER, MUSTO & TUMMERS, 2002; NEWTON, HAKKINEN, HAKKINEN, MCCORMICK, VOLEK & KRAEMER, 2002; SPIRDUSO, FRANCIS & MACRAE, 2005; CHODZKO-ZAJK, PROCTOR, FIATARONE SINGH, MINSON, NIGG, SALEM & SKINNER, 2009).

Além dessas reduções visíveis, como no caso das capacidades motoras, o envelhecimento é acometido, de forma progressiva, por perdas significativas no sistema nervoso central (SNC). Tais perdas levam a uma diminuição do número e da eficiência de neurônios e sinapses e redução da velocidade de condução nervosa, que podem afetar diretamente a memória, a capacidade para aprender, e o controle motor (LYON, 1980; RICHARD, 1991).

Por outro lado, avanços metodológicos permitiram observar que os efeitos da aprendizagem motora em humanos estão associados às mudanças não apenas comportamentais, mas também nas estruturas cerebrais (CLASSEN, LIEPERT, WISE, HALLETT & COHEN, 1998; DRAGANSKI, GASERT, BUSH, SCHUIERERT, BOGAHN & MAY, 2004; MEISTER, KRINGS, FOLTYS, BOROOJERDI, MULLER, TÖPPER & THRON, 2005). Os resultados desses estudos têm sido discutidos em termos do esforço cognitivo relativo ao processo de aprendizagem e, em especial, das habilidades motoras complexas, pois em contraste às habilidades motoras simples, pode promover neuroplasticidade (CAREY, BHATT & NAGPAL, 2005), já que o córtex cerebral é fortemente moldado pelas experiências ao longo de toda a vida (DIAMOND, 2001).

Pesquisas envolvendo a aprendizagem tanto de tarefas simples, de laboratório (ANSHEL, 1978; SANTOS & TANI, 1994; SANTOS & TANI, 1995), quanto do mundo real, como o golfe (STEINBERG, 2000; STEINBERG & GLASS, 2001), demonstraram que a capacidade para aprender habilidades novas é mantida, mesmo em idades avançadas. Sendo assim, o idoso pode adquirir novas habilidades que o auxiliem na resolução de problemas do dia-a-dia (levantar da cadeira), ou de habilidades especializadas (movimentos esportivos).

O “enriquecimento ambiental”, que segundo ZIMMERMANN, STAUFFACHER, LANGHANS e WURBEL (2001) consiste na exposição a estímulos motores e sensoriais diversificados, proporciona efeitos na estrutura encefálica e, conseqüentemente, no comportamento motor. Os educadores e profissionais da saúde podem utilizar este conhecimento na elaboração de linhas de intervenção complementares, que permitam extrapolar os efeitos benéficos dos exercícios físicos tradicionais. Contudo, esta ainda não é uma realidade, sendo que a maioria dos programas de intervenção de exercícios físicos voltados para a população idosa é centrada na repetição de movimentos de baixa complexidade, cujo objetivo principal é aumentar a eficiência fisiológica dos praticantes (BENEDETTI, GONÇALVES & MOTA, 2007), já que a redução nas capacidades motoras é tão expressiva nesta etapa da vida.

Mas se por um lado, a possibilidade de aumentar a rede neural através de atividades que envolvam a aprendizagem de habilidades motoras complexas, não meramente repetição de movimentos simples, é um caminho promissor, por outro lado, minimizar o efeito dos decréscimos verificados nas capacidades motoras também é uma aspiração legítima da população idosa. Mas será possível alcançar ambos objetivos?

Levando em conta tais preocupações, este estudo teve por objetivo verificar o efeito de dois programas de exercícios físicos nas estruturas cerebrais e capacidades motoras de idosas. Mais especificamente, em uma situação experimental de ensino, foram aplicados dois programas de exercícios físicos, um voltado para a prática de habilidades motoras complexas e o outro voltado para a prática de movimentos de baixa complexidade (simples). Foram avaliados os efeitos desses programas nas estruturas cerebrais (ressonância magnética cerebral) e, também, nas capacidades motoras (por meio de testes de capacidade funcional) em uma população de idosas.

2 Revisão de Literatura

2.1 Envelhecimento

O envelhecimento populacional não é um fenômeno novo nem exclusivo dos países ricos e desenvolvidos. Segundo o Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM, 1998), o segmento da população idosa norte-americana, nomeadamente o de 85 anos ou mais, é o que apresenta maior crescimento. Já no Brasil, também se vem observando um crescimento cada vez maior da população idosa. Segundo o censo demográfico de 2000, realizado pelo IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - (2002), apesar do crescimento populacional se apresentar em todos os grupos etários, os grupos de idades mais avançadas são os que demonstram maior aumento. Para ilustrar o fato, o estudo mostra que no espaço de 20 anos (1980-2000), a proporção de idosos em relação às crianças (idoso/criança) quase duplicou (15,9% - 28,9%). Esta mudança no quadro demográfico mundial ocorre em função de diversos fatores, como por exemplo, o declínio da taxa de fecundidade (CARVALHO & GARCIA, 2003), o aumento gradativo da expectativa média de vida (PEREIRA, CURIONI & VERAS, 2003) e os avanços tecnológicos que interferem positivamente na prevenção e controle de doenças.

O avanço no conhecimento acerca do processo de envelhecimento é cada dia maior e, adicionalmente, são desenvolvidas idéias e produtos que contribuem para uma melhor qualidade de vida, já que apenas prolongar a quantidade dos anos vividos não é garantia suficiente para um envelhecimento de boa qualidade (KALACHE, VERAS & RAMOS, 1987). É necessária, portanto, a compreensão acerca desse processo para que mudanças e adaptações sejam implementadas no sentido de garantir que essa etapa do desenvolvimento seja vivida de forma satisfatória.

Segundo FARINATTI (2002), as teorias biológicas do envelhecimento examinam o tema sob a ótica da degeneração da função e estrutura dos sistemas orgânicos e celulares. De maneira geral, podem ser classificadas em duas categorias:

as de natureza genético-desenvolvimentista e as de natureza estocástica. As primeiras entendem o envelhecimento no contexto de um *continuum* controlado geneticamente, enquanto as últimas trabalham com a hipótese de que o processo depende, principalmente, do acúmulo de agressões ambientais.

Embora não haja consenso acerca dos fatores que determinam o envelhecimento, ambas as visões entendem que este é um processo complexo, que envolve muitas variáveis, que interagem entre si e influenciam o modo com que cada indivíduo envelhece. Apesar da existência de diversas teorias, todas apontam para a noção de perda de funcionalidade progressiva, com o consequente aumento da susceptibilidade e incidência de doenças, aumentando assim a probabilidade de morte (MOTA, FIGUEIREDO & DUARTE, 2004).

As teorias sobre o envelhecimento elencam estratégias que, possivelmente, poderiam retardar o processo de envelhecimento celular. Dentre essas estratégias, a prática regular de exercícios físicos assume particular importância, sendo apontada como uma possibilidade de intervenção (FARINATTI, 2002). Embora não haja evidências científicas para sustentá-la, a literatura aponta outros benefícios que a prática regular de exercício físico pode trazer para os idosos (PERINI et al., 2002; FELAND, MYRER, SCHULTHIES, FELLINGHAM & MEASOM, 2001a; CAVANI et al., 2002). Os efeitos desta prática regular podem ir desde aspectos funcionais, como o aumento da força muscular, flexibilidade, capacidade aeróbia e manutenção da autonomia; como aspectos emocionais, dentre os quais, a melhora da auto-estima, auto-imagem e auto-conceito.

Embora esta idéia seja cada dia mais divulgada na mídia e, portanto, esteja mais presente na consciência das pessoas, o número de indivíduos praticantes de exercício físico parece ser ainda muito baixo. Há uma tendência geral no comportamento humano que revela uma diminuição na quantidade de atividades físicas praticadas ao longo do tempo da vida do indivíduo. Esta atitude, entre outros fatores, ocorre em função da maior dedicação ao trabalho (geralmente sedentário), dos avanços

tecnológicos e, por consequência, de uma mudança nos comportamentos e estilo de vida (HASKELL, LEE, PATE, POWELL, BLAIR, FRANKLIN et al., 2007).

A pesquisa realizada pela Fundação Perseu Abramo, em parceria com o SESC - Serviço Social do Comércio (NERI, 2007), teve como objetivo principal investigar como os idosos se sentem a respeito da sua idade e da sua inserção na sociedade. Ao mesmo tempo, entrevistou os não-idosos para examinar quais as suas expectativas em relação ao envelhecimento e quais seriam os comportamentos em relação aos idosos de hoje. Foram realizadas 2.136 entrevistas com idosos e 1608 com os não-idosos. Fizeram parte desta pesquisa 204 municípios (pequenos, médios e grandes), distribuídos nas cinco macro-regiões do país (Sudeste, Nordeste, Sul, Norte e Centro-Oeste). Entre as variáveis investigadas, procurou-se detectar qual o perfil e hábitos dessa população, verificando-se que aproximadamente 51% dos idosos entrevistados são ativos. No entanto, a atividade relatada com maior frequência foi a caminhada (50%), que é praticada diariamente por apenas 22% dos idosos ativos, enquanto que apenas 6% a fazem de 3 a 5 vezes por semana e 13% de 1 a 2 vezes. Os resultados revelaram também que a porcentagem de homens que praticam caminhada diariamente é duas vezes maior que a de mulheres. Constatou-se, que a prática da caminhada diminui com o avanço da idade em ambos os sexos, confirmando a tendência de redução da prática de exercícios físicos ao longo do processo de envelhecimento.

Esta condição prevalente de sedentarismo observada na população em geral, notadamente nos mais idosos, representa uma séria ameaça para o organismo, estimulando o surgimento de doenças crônico-degenerativas, transtorno de humor, diminuição das funções fisiológicas e cognitivas, provocando imunossupressão, piora do perfil lipídico, glicêmico e da qualidade do sono (NIEMAN, 1999; MCARDLE, KATCH & KATCH, 1998). Além disso, o sedentarismo afeta negativamente a auto-estima, aumentando a ansiedade, podendo ainda contribuir para o agravamento de quadros de depressão (ACSM, 2000).

Simultaneamente à diminuição nos níveis de prática regular de exercícios físicos, inicia-se, principalmente a partir dos 30 anos de idade (CHODZKO-ZAJK et al., 2009), uma redução progressiva nos níveis das capacidades motoras dos indivíduos. O idoso é, portanto, sujeito a um ciclo no qual se sente menos apto, conduzindo-o a uma situação de inatividade, que, por sua vez, acentua as perdas referentes às suas capacidades, aumentando o risco de se tornar mais frágil e incapaz.

2.2 Capacidades Motoras e o Envelhecimento

As capacidades motoras constituem a base para a execução de ações motoras, que são necessárias para realizar atividades básicas (vestir-se, fazer higiene, alimentar-se) e instrumentais (fazer compras, cuidar da casa, usar equipamentos domésticos) da vida diária, assim como para a prática de atividades esportivas, na medida em que oferece condições para o desenvolvimento de habilidades específicas. A alteração nestas capacidades, ao longo do envelhecimento, influencia o desenvolvimento motor, modificando os padrões motores e aumentando ainda mais a variabilidade entre os indivíduos (CECH & MARTIN, 1995; GRABINER & ENOKA, 1995).

MAGILL (2000) afirma que as capacidades motoras são qualidades gerais importantes para a realização de uma variedade de habilidades motoras ou de tarefas, que podem ser divididas em condicionais e coordenativas. As condicionais são determinadas, principalmente, pelos componentes energéticos dependendo, assim, da disponibilidade de energia e da condição orgânica muscular do indivíduo. As capacidades coordenativas são determinadas, essencialmente, pelos processos de condução do sistema nervoso central e, portanto, referem-se à capacidade de organizar, regular e controlar os movimentos (GROSSER & STARISCHKA, 1988; MANNO, 1985).

O desempenho motor é influenciado por fatores como: tamanho do músculo, energia armazenada, suprimento neural, capacidade de oxigenação sanguínea e oxidativa, que declinam com o avanço da idade (SANTOS & TANI, 1994). Além disso, a

eficiência da ação depende da tarefa e capacidade cognitiva do indivíduo em perceber a sua demanda e selecionar a resposta adequada (WELFORD, 1988). No entanto, o corpo do indivíduo idoso poderá não responder tão eficientemente às demandas motoras impostas pela instabilidade do ambiente, influenciando a sua eficiência física que poderá repercutir em prejuízos de âmbitos social, psíquico e cognitivo. Além disso, a diminuição da eficiência física e mental restringe a capacidade de interagir com o ambiente, reforçando o isolamento e gerando um quadro ainda mais suscetível a estados depressivos (GUMARÃES & CALDAS, 2006).

Este desgaste corporal, que ocorre ao longo do envelhecimento, interfere no desenvolvimento e no estilo de vida do ser humano, embora, em muitos casos não seja impeditivo para a realização das atividades básicas e instrumentais da vida diária (CECH & MARTIN, 1995; SPIRDUSO et al., 2005). A ausência de dificuldade no desempenho dessas tarefas e atividades da vida cotidiana, assim como o bem-estar psicológico e social definem a sua capacidade funcional (WHO, 1998), que é primordial na manutenção da sua qualidade de vida. Todavia, muitos indivíduos vivem próximos do limiar desta capacidade, gerando um quadro de risco, uma vez que qualquer queda ou doença pode colocá-los em situação de impedimento e dependência física.

A capacidade funcional de um indivíduo está diretamente relacionada com o seu nível de desempenho nas capacidades motoras uma vez que estas últimas são a base do movimento humano. Desta forma, a força, a flexibilidade e capacidade aeróbia contribuem de forma significativa para o desempenho das tarefas rotineiras. Com a preocupação voltada para as questões relacionadas às diminuições nas capacidades motoras, diversos estudos (SHEPHARD, 1997; ZAGO et al., 2000; PERINI et al., 2002; CAVANI et al., 2002; NEWTON et al., 2002; SPIRDUSO et al., 2005) investigaram o efeito de programas de exercícios físicos nessas capacidades de populações idosas e verificaram a sua efetividade na reversão de algumas das perdas decorrentes do envelhecimento e sedentarismo, evidenciando a relação positiva entre o treinamento físico e o aumento nos índices das capacidades motoras.

2.2.1 Envelhecimento e Força muscular

A força muscular é a capacidade de se opor a uma resistência, e pode ser dividida em dinâmica, em que a alteração do comprimento do músculo é visível, através do encurtamento ou alongamento, e estática, em que não ocorre encurtamento ou alongamento das fibras musculares (WEINECK, 2003). Além dessa divisão, a força também é classificada como força máxima, rápida ou resistente. A primeira representa a maior tensão disponível no sistema muscular através de uma contração máxima, podendo ser de caráter dinâmico ou estático. A segunda refere-se à natureza explosiva de produzir força e a terceira à capacidade de resistir à fadiga durante um esforço prolongado (BARBANTI, 2001).

A força muscular é um componente essencial na execução eficiente de qualquer atividade motora, seja relacionada às necessidades básicas da vida, ou à realização de gestos motores mais elaborados (OKUMA, 1998). Além disso, a força é fundamental para a manutenção da capacidade funcional e, conseqüentemente, manutenção da qualidade de vida. Sendo assim, é necessário que os indivíduos tenham níveis de força muscular suficientemente adequados para responderem de forma efetiva tanto às necessidades triviais, quanto às necessidades impostas por situações de estresse.

A capacidade de produção de força aumenta até, aproximadamente, os 30 anos, diminuindo gradativamente a partir desta idade, afetando o comportamento motor do indivíduo. Esta alteração ocorre em função de diversos fatores, dentre eles: a diminuição da área de secção transversa do músculo, a redução no tamanho e número de fibras musculares, o aumento de tecido conectivo intramuscular e a mudança na inervação muscular (SPIRDUSO, 1995; SHEPHARD, 1997; MEIRELLES, 2000).

SPIRDUSO (1995) enfatiza uma série de evidências na literatura mostrando a reduzida massa muscular de indivíduos sedentários quando comparados com indivíduos ativos. Esta evidência faz-se ainda mais importante quando se trata de indivíduos idosos, pois a perda acentuada da capacidade de produzir força, em função do próprio

processo natural de envelhecimento, torna ainda mais necessária a manutenção de um estilo de vida ativo.

É importante ressaltar que a força muscular não depende apenas da potência muscular, mas de controles centrais que determinam como os músculos são coordenados, sequenciados e como sua potência é desenvolvida, isto é, envolve um recrutamento de fibras musculares compatível e adequado com a demanda da tarefa e com as capacidades do indivíduo (SANTOS, 1993). Portanto, é fundamental que o indivíduo saiba recrutar os músculos certos no momento adequado, não sendo suficiente, apenas, o aumento da sua força total, mas também que aprenda a utilizá-la e aplicá-la de forma adequada às exigências ambientais.

Com níveis de força muscular adequados, os indivíduos podem realizar esforços físicos com menos dificuldade, facilitando a aprendizagem de habilidades motoras, postergando o aparecimento da fadiga (CARVALHO, 1998; FLECK & KRAMER, 2001; WHITEHEAD & CORBIN, 1985). Além disso, quanto maior o nível de força, menores serão as lesões no tecido ósseo e muscular (FLECK & KRAMER, 2001).

2.2.2 Envelhecimento e Flexibilidade

A flexibilidade resulta da interação de vários fatores como a capacidade flexível da articulação, capacidade extensível da musculatura e dos tendões, podendo ser definida como a habilidade de mover o corpo e suas partes dentro dos seus limites máximos, sem causar danos às articulações e aos músculos envolvidos (MARINS & GIANNICHI, 1998). A flexibilidade é específica a determinada articulação e movimento, ou a uma série de articulações e movimentos (ACHOUR JUNIOR, 1998; MORROW JUNIOR, JACKSON, DISCH & MOOD, 2003; PATE, 1991; TRITSCHILER, 2003; WEINECK, 2003), porém, o termo é muitas vezes utilizado para denominar a mobilidade articular geral a todo o corpo.

Segundo ALTER (1999), existem três tipos básicos de flexibilidade: estática, balística e dinâmica ou funcional. A flexibilidade estática refere-se à amplitude em torno

de uma articulação, sem ênfase na velocidade. A flexibilidade balística é geralmente associada aos movimentos amplos e rápidos, e a flexibilidade dinâmica ou funcional refere-se à habilidade para usar a amplitude de movimentação articular na realização de uma atividade, seja ela rápida, moderada ou lenta.

Esta capacidade é parte integrante dos componentes essenciais relacionados à boa execução de movimentos, tanto no que se refere aos aspectos qualitativos, como quantitativos. Com o aumento da flexibilidade, os exercícios podem ser executados com maior amplitude, tornando o movimento mais eficaz (WEINECK, 2003), no entanto, esta capacidade declina em torno de 20% a 30% até aos 70 anos, aumentando esse percentual após os 80 (UENO, OKUMA, MIRANDA, JACOB FILHO & LEE HO, 2000).

Essa perda gradual da flexibilidade que ocorre ao longo do envelhecimento está relacionada a processos fisiológicos naturais, como a diminuição da quantidade de água no músculo, aumento da orientação cristalina das fibras colágenas, calcificação e substituição de fibras elásticas por colágenas (ALTER, 1999; ACSM, 1998; PRINCE, CORRIVEAU, HÉBERT & WINTER, 1997; SHEPHARD, 1997, WEINECK, 2003; MEIRELLES, 2000). Devido à idade, os tendões e as fáscias musculares tornam-se mais rígidas (SPIRDUSO, 1995; ALTER, 1999), ocorrendo uma deterioração dos tecidos conjuntivos periarticulares (PRINCE et al., 1997). Segundo FELAND, MYRER, SCHULTHIES, FELLINGHAM e MEASOM (2001a), o tecido conjuntivo é o fator que mais influencia a flexibilidade músculo-tendínea.

Além das perdas advindas do próprio envelhecimento, o desuso acelera esse processo que leva ao encurtamento muscular (HOLLAND, TANAKA, SHIGEMATSU & NAKAGAICHI, 2002), reduzindo a amplitude de movimentação (SPIRDUSO, 1995; KERRIGAN, LEE, COLLINS & LIPSITZ, 2001) e aumentando a predisposição a lesões (SEMENICK, 1994). Portanto, como destaca OKUMA (1998), a flexibilidade é um dos mais importantes fatores de segurança, auxiliando na prevenção de acidentes.

SPIRDUSO (1995) afirma que, no envelhecimento, a perda de flexibilidade dos músculos posteriores da coxa ocorre em ritmo mais acelerado do que nos músculos anteriores, apontando a falta de uso destas estruturas, nas tarefas da vida cotidiana,

como a sua principal causa. A autora refere que este fato, juntamente com a perda de flexibilidade nas articulações da coluna, quadril e joelhos, a partir da sexta década de vida, é a principal causa de desconforto e incapacidade no idoso, confirmando a forte interação existente entre o processo de envelhecimento e o comportamento sedentário.

2.2.3 Envelhecimento e Capacidade Aeróbia

A capacidade aeróbia refere-se à capacidade do sistema cardiorrespiratório em converter o oxigênio em energia, enquanto que a resistência aeróbia é a habilidade do organismo em produzir determinado movimento por um período prolongado (CECH & MARTIN, 1995). Esta capacidade é igualente de grande importância para todos os indivíduos, sendo primordial à realização da maior parte das atividades do dia-a-dia, assim como atividades recreativas. Portanto, para manter a independência e usufruir de todas as possibilidades que os movimentos corporais proporcionam, o nível adequado de capacidade aeróbia faz-se imprescindível. Contudo, com o avanço da idade e concomitante queda no consumo de oxigênio, esta capacidade é diminuída (SPIRDUSO et al., 2005, SHEPHARD, 1997). Desta forma, para que o prolongamento de uma vida saudável ocorra é fundamental que os aspectos relacionados com o metabolismo aeróbio tenham o menor índice de perda possível.

O envelhecimento envolve mudanças na estrutura e fisiologia cardíacas, não implicando, necessariamente, a ocorrência de patologias. No entanto, um declínio da função cardiovascular é observado, ocorrendo uma diminuição da capacidade do coração em adaptar-se ao estresse imposto pelas doenças nesta estrutura (OKUMA, 1998). Já SHEPHARD (1997) refere uma série de alterações nesse sistema, acometidas ao longo do processo de envelhecimento, que afetarão a capacidade aeróbia dos indivíduos. Dentre elas, estão: a diminuição da elasticidade dos vasos (levando a um aumento na pressão), o aumento da espessura da parede ventricular esquerda, a redução do débito cardíaco máximo, a diminuição na diferença arteriovenosa, a redução no número de capilares e da atividade de algumas enzimas responsáveis pelo

metabolismo aeróbio, a diminuição do VO_2 máximo, entre outras mudanças. Este quadro afetará negativamente o suprimento sanguíneo à musculatura e, conseqüentemente, a extração de oxigênio pelos tecidos. O declínio desta capacidade, após os 30 anos de idade, ocorre em torno de 5% a 15% por década (HEAT, HAGBERG, EHSANI & HOLLOSZY, 1981). Adicionalmente, RIKLI e JONES (2001) afirmam que por volta dos 70 anos de idade esta perda pode chegar até 50% do total.

2.3 Envelhecimento e Treinamento das Capacidades Motoras

Como foi discutido anteriormente, é clara a importância que as capacidades motoras em geral exercem sobre a qualidade de vida dos indivíduos. Considerando que, com o avanço da idade, as capacidades motoras sofrem uma redução inevitável, seja em função do comportamento sedentário, ou mesmo do próprio processo de envelhecimento, muitos estudos foram realizados com o intuito de verificar o efeito do exercício físico nas capacidades motoras de idosos (Quadro 1).

Relativamente aos efeitos do treinamento de força na capacidade de produção de força, em idosos, a maioria dos resultados dos estudos encontrados na literatura é convergente (Quadro 1). Estudos realizados com idosos, tanto homens quanto mulheres, têm demonstrado que programas de treinamento específico de força, assim como de caráter mais geral, podem aumentar a capacidade de produção de força e a massa muscular dos indivíduos de ambos os sexos (CAPODAGLIO, CAPODAGLIO, FERRI, SCAGLIONI, MARCHI & SAIBENE, 2005; CAPODAGLIO, CAPODAGLIO, FACIOLI & SAIBENE, 2007; THOMPSON & OSNESS, 2004; PAILLARD, LAFONT, SOULAT, COSTES-SALON, MARIO, MONTOYA et al., 2004). Dessa forma, os resultados obtidos confirmam o efeito positivo do treinamento e a sua importância sobre as estruturas físicas ao longo da vida, principalmente, durante idades mais avançadas. Além dos incrementos significativos na força de idosos, o treinamento de força parece promover também benefícios em outras estruturas corporais de fundamental importância

para a manutenção da boa qualidade de vida dos indivíduos, como na densidade mineral óssea (VINCENT & BRAITH, 2002).

Dentre os estudos que investigaram os efeitos do treinamento físico na população idosa, a flexibilidade é a capacidade que menos tem sido estudada. No entanto, os estudos realizados demonstraram efeitos positivos na amplitude articular de idosos submetidos a um programa de treinamento multilateral, assim como específico de flexibilidade(Quadro 1). FELAND et al. (2001a) mostraram que, quando submetidos a programas específicos de alongamento ou até atividades generalizadas, os efeitos positivos são encontrados mesmo em pessoas nonagenárias. A prática sistemática de atividades que estimulam o alongamento muscular, como o Tai Chi Chuan (LAN, LAI, WONG & YU, 1996; WOLF, BARNHART, KUTNER, MCNEELY, COOGLER & XU, 2003) e o Tae Kwon-Do (BRUDNAK, DUNDERO & VAN HECKE, 2002), têm apresentado efeitos positivos na flexibilidade geral de indivíduos idosos, quando estes são comparados com sedentários (RONSKY, NIGG & FISHER, 1995). Os estudos de carácter interventivo, encontrados na literatura, apresentaram o efeito positivo do treinamento agudo e crônico na flexibilidade de idosos, apontando a eficácia de ambas as condições. Mesmo quando instalado um quadro de fraqueza considerável é possível observar esses efeitos benéficos, reavendo, em parte, o nível das capacidades motoras ao longo do envelhecimento (FELAND et al., 2001a; FELAND, MYRER & MERRILL, 2001b).

Os estudos realizados com o intuito de verificar a resposta de idosos ao treinamento aeróbio observaram que, com a prática sistemática de exercícios físicos específicos, a função cardiovascular-respiratória é passível de melhora (ANDREOTTI, 1999). No Quadro X estão explanados alguns estudos que demonstram a capacidade de resposta positiva dos idosos ao treinamento aeróbio. As vantagens proporcionadas pelos exercícios aeróbios estendem-se a outras estruturas e funções do organismo, como a função cognitiva, que pode ser melhorada com a prática sistemática destes exercícios (KRAMER, ERICKSON & COLCOMBE, 2006; VANCE, WADLEY, BALL, ROENKER, & RIZZO, 2005; MARKOWSKA & SAVONENKO, 2002 e ANTUNES,

SANTOS, CASSILHAS, SANTOS, BUENO & MELLO, 2006). De fato, quando comparada a capacidade e função respiratórias de idosos ativos com sedentários verificam-se os efeitos positivos, nestas capacidades, dos exercícios físicos (WATSFORD, MURPHY, PINE & COUTTS, 2005; WATSFORD, MURPHY & PINE, 2007). WATSFORD et al. (2005, 2007) afirmam que muitos desses idosos sedentários vivem próximo à faixa de risco e, portanto, abaixo do esperado para a manutenção da sua capacidade funcional.

A melhora dessa capacidade ocorre em função das adaptações fisiológicas do treinamento, que são: aumento da densidade capilar nos músculos, desenvolvimento da vascularização colateral, regressão de lesões ateroscleróticas, aumento ventricular, redução da duração da contração do miocárdio, declínio da frequência cardíaca de esforço, aumento do volume sistólico, entre outras modificações (LAMBERT & EVANS, 2005). Dessa forma, um nível mínimo de exercício físico é fundamental para que esta capacidade seja preservada, reduzindo os riscos de doenças cardíacas, diabetes, obesidade, hipertensão e algumas formas de câncer (US NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH, 2007). Adicionalmente, a capacidade aeróbia é essencial para a manutenção da qualidade de vida, já que a sua solicitação é inexorável em qualquer atividade da vida diária.

Quadro 1: Síntese dos estudos de intervenção que promoveram alterações nas capacidades motoras de idosos.

Autor e ano	Capacidade	Atividades desenvolvidas	Frequência/ Duração	N ^{sexo} e idade	Testes aplicados	Resultados
Perini et al., 2002	Aeróbia	Treino aeróbio intenso em cicloergômetro (50 rpm)	3x, 8 ^s , 60m	8 ^H , 10 ^M , 70-80a	Medição da PA, VO _{2max}	↑ cap. Aeróbia, ↑ VO _{2max} , ↓ PA
Morris et al., 2002	Aeróbia	Treino aeróbio contínuo e intermitente em cicloergômetro	3x, 10 ^s , 30m	25 ^H , ± 65a	Medição do VO _{2pico}	↑ cap. Aeróbia, ↑ VO _{2pico}
Fatouros et al., 2004	Aeróbia	Treino aeróbio contínuo em esteira	3x, 16 ^s , 60m	19 ^H , 65-78a	Medição do VO _{2max}	↑ cap. Aeróbia, ↑ VO _{2max}
Menshikova et al., 2006	Aeróbia	Treino aeróbio contínuo em esteira ou cicloergômetro	4-6x, 12 ^s , 40m	5 ^H , 3 ^M , ± 67a	Medição do VO _{2max}	↑ cap. Aeróbia, ↑ VO _{2max}
Toraman et al., 2004	Aeróbia	Treino aeróbio (caminhada)	3x, 9 ^s , ± 60m	35 ^H , 7 ^M , 60-86a	Testes de <i>Rikli & Jones (1999)</i>	↑ cap. Aeróbia
Feland et al., 2001a	Flexibilidade	Treino passivo de flexibilidade de membros inferiores	5x, 6 ^s , 60/30/15 segundos	62 ^{HM} , 65-97a	Medição, com goniômetro, da AA	↑ Flexibilidade em todas as condições experimentais
Feland et al., 2001b	Flexibilidade	Treino de flexibilidade estático e método FNP	Efeito agudo	66 ^H , 31 ^M , 55-79a	Medição, com goniômetro, da AA	↑ Flexibilidade nas duas condições experimentais
Rider & Daly, 1991	Flexibilidade	Treino de flexibilidade da coluna vertebral	3x, 10 ^s , 30m	20 ^M , ± 72a	Testes de mobilidade da coluna vertebral	↑ Flexibilidade da coluna vertebral
Ferber et al., 2002	Flexibilidade	Treino de flexibilidade (FNP) – comparação de três técnicas	Efeito agudo	26 ^H , 50-75a	Medição, com eletrogoniômetro, da AA	↑ Flexibilidade nas condições experimentais
Ueno et al., 2000	Flexibilidade	Treino de flexibilidade como outras capacidades motoras	2x, 52 ^s , 90m	13 ^H , 25 ^M , ± 67a	Questionário e teste de sentar e alcançar	↑ Flexibilidade, ↓ da dificuldade na realização das AVD
Cavani et al., 2002	Força	Treino de força de membros inferiores e superiores	3x, 6 ^s , 45m	8 ^H , 14 ^M , 60-79a	Testes de <i>Rikli & Jones (1999)</i>	↑ CF do grupo experimental
Capodaglio et al., 2007	Força	Treino de força de membros inferiores	3x, 52 ^s , 60m	19 ^H , 19 ^M , 70-83a	Testes de CF e teste de CVM com dinamômetro	↑ Força de membros inferiores, ↑ CF
Capodaglio et al., 2005	Força	Treino de força de membros inferiores	3x, 52 ^s , 60m	13 ^H , 15 ^M , ± 76a	Testes de CF e teste de CVM com dinamômetro	↑ Força de membros inferiores, ↑ CF
Thompson & Osness, 2004	Força	Treino de força de membros inferiores e superiores	3x, 8 ^s	31 ^H , 55-79a	Testes de carga submáxima	↑ Força de membros inferiores e superiores
Paillard et al., 2004	Força	Treino de força de membros inferiores	4x, 6 ^s	32 ^M , 62-75a	CVM com dinamômetro com isocinético	↑ Força de membros inferiores

Legenda: N – número de participantes; x – periodicidade semanal do treinamento; s – semanas do treinamento; m – minutos; H – participantes do sexo masculino; M – participantes do sexo feminino; a – idade dos participantes; ± – aproximadamente; cap. – capacidade; ↑ - aumento; ↓ - diminuição; PA – pressão arterial; VO_{2max} – consumo máximo de oxigênio; ND – informação não disponível; AA – amplitude articular; FNP – facilitação neuromuscular proprioceptiva; AVD – atividades da vida diária; CF – Capacidades funcionais; CVM – contração voluntária máxima;

2.4 Envelhecimento, equilíbrio e exercício físico

O equilíbrio postural foi definido por RAGNASDÓTTIR (1996) como sendo a habilidade de manter o centro de massa (CM) do corpo dentro da base de sustentação, conseguindo deslocar-se nas diferentes direções de forma segura, veloz, e coordenada, ajustando-se às perturbações externas impostas pelo meio. SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT (2001) definiram o termo como sendo a habilidade de manter o corpo em equilíbrio, classificando-o em estático e dinâmico. O primeiro ocorre quando a base de suporte permanece estacionária e o indivíduo mantém o seu CM dentro dos limites de estabilidade ou da sua base de suporte. Já o segundo conceito se refere à manutenção do equilíbrio do corpo em movimento como, por exemplo, ao caminhar, sendo que tanto o CM quanto a base de suporte estão em movimento (WOOLLACOTT & TANG, 1997). Para regular essa relação entre o CM e a base de sustentação, o sistema nervoso central produz a atividade muscular necessária ao equilíbrio, definido como controle postural (WINTER, 1995). No entanto, para que seja bem sucedido, deverá captar as informações dos sistemas sensoriais de forma efetiva, ou seja, as informações provenientes dos sistemas somatossensorial, visual e vestibular. Este complexo processo, que envolve esforços coordenados dos sistemas sensorial e motor, garante a posição corporal desejada sempre que um movimento é realizado (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995; PERRACINI, 1998).

O processo natural de envelhecimento tem um efeito deletério na habilidade para manter o equilíbrio, tanto em situações de manutenção da posição estática, quanto em situações que obriguem a movimentos do corpo influenciados pelas perturbações externas (BERG, MAKI, WILLIAMS, HOLLIDAY, WOOD-DAUPHINEE, 1992; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995). Ao longo do avanço da idade vão ocorrendo, de forma progressiva, alterações fisiológicas que comprometem diretamente os sistemas responsáveis pela recepção das informações intrínsecas e extrínsecas importantes para evitar o desequilíbrio corporal. Isto foi evidenciado em estudos realizados com idosos, que mostraram a importância da visão para a manutenção do equilíbrio postural (ERA, SCHROLL, YTTING, GAUSE-NILSSON, HEIKKINEN & STEEN, 1996; WHIPPLE, WOLFSON, DERBY, SINGH &

TOBIN, 1993). Este quadro reflete a capacidade diminuída para processar as informações sensoriais, aumentando as chances do acometimento de quedas, em indivíduos idosos.

No Brasil, cerca de 30% dos idosos sofrem pelo menos uma queda ao ano (PERRACINI & RAMOS, 2002) o que, segundo dados do IBGE (2002), coloca as quedas no terceiro lugar do ranking de mortalidade por causas externas e o primeiro entre os principais motivos de internação hospitalar. Sendo de gravidade leve, a queda poderá não deixar consequências aparentes, contudo, o grau de severidade poderá ser alto, comprometendo, em função das sequelas deixadas no aparelho locomotor, a sua dependência, afetando diretamente a vida social e reduzindo de forma drástica a sua qualidade de vida conduzindo, conseqüentemente, à morte precoce.

Alterações no equilíbrio corporal são as causas mais frequentemente associadas à queda, contudo, alguns estudos apontaram a prática de exercícios físicos sistematizados, baseados em atividades de equilíbrio, força e caminhada, como uma ferramenta que pode atuar de forma positiva, diminuindo a incidência de quedas nesta população (CAMPBELL, ROBERTSON, GARDNER, NORTON, TILYARD & BUCHER, 1997; CAMPBELL, ROBERTSON, GARDNER, NORTON & BUCHNER, 1999; WOLF, BARNHART, KUTNER, MCNEELY, COOGLER & XU, 1996; WOLF, BARNHART, ELLISON & COOGLER, 1997; GILLESPIE, GILLESPIE, ROBERTSON, LAMB, CUMMING & ROWE, 2003). LORD (1995) investigou os efeitos da prática do exercício físico no equilíbrio de idosos, apresentando os seus benefícios, nomeadamente, na redução da oscilação na postura em pé sobre uma superfície rígida e no controle da postura quando colocados sobre uma superfície mole (espuma), cuja instabilidade do solo era substancialmente aumentada.

Com o intuito de verificar a melhora do equilíbrio e a redução do risco de quedas na população idosa, DAY, FILDES, GORDON, FITZHARRIS, FLAMER e LORD (2002) desenvolveram um estudo em que testaram três formas distintas de intervenção e suas respectivas combinações: exercício físico, gerenciamento do risco em casa e melhora da visão. Os resultados indicaram melhoras significativas no equilíbrio do grupo que praticou exercício, quando comparado com os demais grupos de prática isolada, onde não foram encontrados os mesmos ganhos. O grupo que

mais se beneficiou foi o submetido a todas as combinações, ou seja, praticou exercício físico, teve gerenciamento do risco em casa e melhora da visão.

Em outro estudo, TINETTI, BAKER e MCAVAY (1994) acompanharam, durante 12 meses, dois grupos de idosos que apresentavam fatores de risco de queda. O primeiro participou de um programa de exercícios voltados para a melhora das capacidades motoras e equilíbrio; o segundo, grupo controle, foi apenas acompanhado durante esse período. Os autores verificaram que praticamente metade (47%) das pessoas do grupo controle apresentaram ao menos um episódio de queda nesse período. Já o grupo experimental, quando comparado com o controle, apresentou uma redução de 13% nesse índice, mostrando a eficácia da intervenção de exercícios físicos na redução significativa do risco de acometimento de quedas.

No estudo de CAMPBELL et al. (1999), mulheres com 80 e mais anos de idade foram sujeitas, durante dois anos, à intervenção de um programa de treino de força de membros inferiores, exercícios de equilíbrio e caminhada, realizados em casa. Os autores verificaram que, quando comparado com o grupo controle (que não sofreu intervenção), o grupo experimental demonstrou uma melhora significativa do equilíbrio, assim como uma redução na quantidade de quedas e consequentes lesões.

Outras atividades, que não as tradicionalmente recomendadas, podem também reduzir o risco de quedas e melhorar o equilíbrio corporal de idosos. LI, HARMER, FISHER, MCAULEY, CHAUMETON, ECKSTROM e WILSON (2005), após a aplicação de um programa de 6 meses de *Tai-Chi*, em idosos fisicamente inativos, com idades entre 70 a 92 anos, verificaram que os participantes reduziram o medo de cair, diminuíram a quantidade de quedas e apresentaram melhora geral do desempenho físico relacionado ao equilíbrio.

Por razões gerais de saúde, a manutenção e o treino do equilíbrio corporal são fundamentais para o ser humano em qualquer fase da vida, porém, é ainda mais importante em idades avançadas, já que a fragilidade corporal ocasionada pelo processo natural de envelhecimento é maior. Desta forma, a manutenção de um estilo de vida fisicamente ativo atua diretamente e positivamente na qualidade de vida do idoso.

2.5 Envelhecimento e Sistema Nervoso

O envelhecimento, como descrito acima, é caracterizado pela redução de diversas capacidades motoras e pelo declínio do equilíbrio postural. Há, entretanto, mudanças importantes que afetam outros sistemas de controle central do organismo que devem ser consideradas.

Apesar de tecidos, como o epitelial, manterem a sua capacidade regenerativa até idade avançada, a perda progressiva de neurônios a partir da terceira década de vida é inevitável, fato que conduz a uma diminuição da funcionalidade geral do sistema nervoso periférico (SNP) e central (NICOLA, 1986).

Esta redução ocorre em função das diversas alterações macro e microscópicas no encéfalo, como alterações no peso e volume, aspecto dos giros e sulcos, volume dos ventrículos e tamanho dos neurônios. RICHARD (1991) refere, também, uma redução progressiva do consumo de oxigênio e de glicose no cérebro, semelhante ao processo que ocorre na doença de Alzheimer, ainda que em menor proporção.

Em função do envelhecimento ocorrem também alterações na extensão da ramificação dendrítica, no número de espinhos e de sinapses. Verifica-se um acúmulo de pigmento de lipofuscina nos neurônios e células gliais e há o aparecimento de modificações microscópicas características, como a formação de placas senis, os enovelamentos ou emaranhados neurofibrilares, a degeneração grânulo-vacuolar, os corpos de Hirano e a angiopatia amilóide cerebral (MARTIN, 2006; MATTSON, 2007; SCAHILL, FROST, JENKINS, WHITWELL, ROSSOR & FOX, 2003).

LYON (1980) sugere que os diversos fatores que produzem neurodegeneração o fazem através de processos distintos que culminam numa via comum de cascata de sinalização, que resulta na morte celular. Essas perdas celulares, do sistema nervoso, podem manifestar-se como alterações da atividade elétrica, por declínios na memória, cognição, visão, audição, capacidade de aprendizado e por distúrbios nos padrões de sono. Além disso, a perda de neurônios e a falência da produção de neurotransmissores têm efeito sobre algumas funções como no controle motor e na velocidade de aprendizagem (LYON, 1980; SANTOS,

1995). Esses diversos declínios que ocorrem no SNC afetam vários comportamentos dos indivíduos ao longo dos anos, porém, segundo MARKOWSKA e SAVONENKO (2002), o mais visível está relacionado aos aspectos cognitivos. Segundo esses autores, o comportamento cognitivo demonstrado pelo indivíduo idoso tem forte influência das experiências e vivências obtidas durante a juventude.

A função cognitiva pode ser entendida como a fase do processamento de informação, como percepção, aprendizagem, memória, atenção, vigilância, raciocínio e solução de problemas. CHODZKO-ZAJKO e MOORE (1994) e SUUTUAMA e RUOPPILA (1998) ampliaram o conceito, incluindo o tempo de reação e o tempo de movimento como elementos constituintes da cognição. Desta forma, reafirma-se a relação direta existente entre os aspectos cognitivos e motores e, conseqüentemente, a sua importância para a manutenção da qualidade de vida dos indivíduos. O déficit cognitivo surge ao longo dos anos da vida dos indivíduos, porém, a sua etiologia ainda não está completamente estabelecida, surgindo algumas hipóteses explicativas. KRAMER e WILLIS (2002) e JAMES e COYLE (1998) sugerem que existe uma redução na velocidade do processamento da informação, decréscimo de atenção, déficit sensorial, redução da capacidade de memória de trabalho, prejuízo na função do lobo frontal e na função neurotransmissora, além da deterioração da circulação sanguínea central e da barreira hematoencefálica (KRAMER & WILLIS, 2002; JAMES & COYLE, 1998), ficando explicada a típica lentidão na realização dos movimentos por pessoas idosas. Porém, a constatação dessa lentidão é, por vezes, menos óbvia em indivíduos ativos que tenham mantido ou desenvolvido uma boa capacidade aeróbia (ERA, JOKELA & HEIKKINEN, 1986; WHITEHURST, 1991).

SPIRDUSO (1975, 1988) relata que a deterioração muscular e respectivo suprimento neural são maiores entre pessoas fisicamente inativas. Contudo, como anteriormente mencionado, essa deterioração pode ser reduzida ou até revertida pelo efeito da prática de exercícios físicos. WELFORD (1988) concorda ao afirmar que apesar desta prática não ser capaz de restaurar as fibras musculares perdidas durante o envelhecimento, o seu suprimento neural pode ser aumentado em função da prática regular de exercícios físicos.

Em idades avançadas há uma limitação da capacidade do indivíduo idoso em controlar os seus movimentos corporais, nomeadamente os corretivos, que são necessários assim que o centro de gravidade é deslocado por alguma força externa (WOOLLACOTT, 1993). Tal ocorre em função de uma perda progressiva de células nas ramificações cerebrais e no cerebelo, somada a uma diminuição da função proprioceptiva das articulações e músculos, fraqueza muscular e a alterações degenerativas no sáculo e no utrículo.

Assim, ao longo do envelhecimento, a capacidade de realizar movimentos eficientes é sujeita a um processo de deterioração progressiva, sendo possível amenizar ou até reverter o quadro imposto pelo estilo de vida hipocinético através da incorporação de uma rotina de exercícios físicos (SPIRDUSO, 1975; 1988).

2.5.1 Exercício Físico e o Sistema Nervoso

Grande parte dos estudos que relacionam o exercício físico ao processo de envelhecimento concentra-se nos aspectos motores do sistema esquelético, provavelmente, porque envolvem mudanças perceptíveis até mesmo pelo próprio indivíduo. Porém, importantes mudanças em estruturas internas, como no SNC, devem ser consideradas.

É consenso, na literatura, que há perdas acentuadas no número de neurônios a partir de determinada idade, contudo, em resposta a estímulos e experiências o cérebro pode exibir um crescimento de conexões neuronais. Este crescimento neuronal é chamado de plasticidade cerebral, termo frequentemente utilizado nas diferentes áreas da neurociência que se refere a diversos processos e que se caracteriza, essencialmente, por mudanças sinápticas. STILES (2000) explicita três características comuns às diversas aplicações do termo plasticidade: a) *referência ao processo*: plasticidade refere-se a alguma característica dinâmica do sistema neural que gera mudança estrutural ou funcional; b) *adaptação*: a mudança observada é geralmente uma adaptação na organização do sistema plástico que recruta estratégias novas ou diferentes em resposta a uma demanda externa; e c) *organização*: o processo é sistemático e reflete uma interação das características estruturais do sistema com os estímulos do ambiente.

PASCUAL-LEONE, AMEDI, FREGNI e MERABET (2005) afirmam que a plasticidade é uma propriedade intrínseca do cérebro humano que representa uma invenção da evolução no sentido de capacitar o sistema nervoso para escapar das restrições do seu próprio genoma e, assim, adaptar-se a pressões ambientais, mudanças fisiológicas e experiências diversas. Segundo KLEIM, LUSSNIG, SCHWARZ, COMERY e GREENOUGH (1996), estas alterações na plasticidade cerebral podem ser decorrentes de modificações no próprio neurônio, nas células gliais e capilares sanguíneos.

Na história da neurobiologia, a idéia de que o encéfalo adulto não produzia novos neurônios, sendo o SNC caracterizado pela falta de plasticidade neuronal e que apenas durante a infância era possível a reorganização plástica (GROSS, 2000) foi rebatida com base numa linha de técnicas neuroanatômicas modernas (GAZZANIGA, IVRY & MANGUN, 2006).

Alguns estudos revelam que, embora a plasticidade neural seja notória no início da vida, o cérebro permanece maleável durante todo o ciclo de vida, de tal forma que a exposição a experiências ou ambientes enriquecedores pode afetar a percepção e conexões sinápticas tanto em idades iniciais, quanto em idades mais avançadas (DIAMOND, 2001).

Estudos experimentais evidenciaram neurogênese em resposta à exposição de animais a ambientes enriquecedores que, segundo os autores, aumentariam a sobrevivência dos neurônios. Esta plasticidade cerebral foi evidenciada em ratos com, e sem lesão cerebral (BLACK, ISAACS, ANDERSON, ALCANTARA & GREENOUGH, 1990; JONES, KLEIM, & GREENOUGH, 1996; KLINTSOVA, MATTHEWS, GOODLET, NAPPER & GREENOUGH, 1997; KLINTSOVA, COWELL, SWAIN, NAPPER, GOODLETT, & GREENOUGH, 1998; IVANCO & GREENOUGH, 2000; GROSSMAN, CHURCHILL, BATES, KLEIN, & GREENOUGH, 2002; KLEIM, BARBAY, COOPER, HOGG, REIDEL, REMPLE, & NUDO, 2002; KLEIM, JONES & SCHALLERT, 2003; CHURCHILL, GALVEZ, COMCOMBE, SWAIN, KRAMER, & GREENOUGH, 2002; DERKSEN, WARD, HARTLE & IVANCO, 2007), em cachorros jovens e idosos (MATTSON, 2003; MILGRAM, 2003) e em macacos (PLAUTZ, MILLIKEN & NUDO, 2000). Com a utilização de diferentes metodologias foi possível observar-se, através da melhora do

desempenho, mudanças funcionais, assim como, mudanças na morfologia do cérebro dos animais. No entanto, tais mudanças foram associadas a um esforço característico do processo de aprendizagem motora, particularmente envolvido na aquisição de habilidades complexas proporcionadas por ambientes enriquecedores (DIAMOND, 2001; CAREY, KIMBERLEY, LEWIS, AUERBACH, DORSEY, RUNDQUIST & UGURBIL, 2005).

Os modelos animais permitem, além da análise das mudanças funcionais, uma análise direta de modificações nas estruturas e substâncias que se transformaram em função de determinados tratamentos ou comportamentos, sendo a sinaptogênese o fator mais utilizado para fazer a correlação entre a aprendizagem motora e a mudança no cérebro.

Desta forma, baseados na premissa de que o cerebelo está integralmente envolvido com a aprendizagem motora, BLACK et al. (1990) examinaram se a densidade sináptica das células de Purkinje de ratos treinados em tarefas que envolviam movimentos complexos e ratos treinados em tarefas motoras simples, revelariam diferenças. Os grupos foram constituídos de forma randomizada e treinados em quatro condições diferentes. O primeiro grupo, de treinamento acrobático, cuja gaiola exigia elevada demanda motora, permitia que os ratos fossem expostos a diversos obstáculos, fazendo com que experimentassem sempre situações novas e diferentes. Neste grupo, a complexidade das tarefas motoras e o tempo em que os animais eram expostos a esta situação foram aumentados progressivamente. O segundo grupo, de treinamento forçado em esteira, obrigava os ratos a caminhar ou correr determinado volume por dia, sendo progressivamente aumentada a quantidade de exigência diária. O terceiro grupo, de treinamento voluntário, permitia que os ratos andassem ou corressem a quantidade que desejassem. Por fim, a quarta condição experimental era a de inatividade, na qual os ratos ficavam em gaiolas, sem estímulos motores e nem possibilidade de se exercitar. Após o treinamento de 30 dias, todos os animais foram sacrificados para a análise das densidades sinápticas das células de Purkinje do córtex cerebelar.

Os resultados de desempenho apresentados evidenciaram melhoras expressivas do grupo Treinamento Acrobático no tempo que os ratos demoravam para percorrer todo o percurso. Relativamente aos resultados da estrutura cerebral,

verificou-se que esse grupo apresentou, aproximadamente, 25% mais sinapses, por célula de Purkinje, quando comparados com os outros grupos. Esta constatação foi surpreendente, uma vez que a distância total percorrida pelos grupos Treinamento Forçado e Treinamento Voluntário foi, respectivamente, cerca de 19 e 10 vezes maior do que a do grupo Treinamento Acrobático. Os autores concluíram que a aprendizagem motora proporcionada pela exposição a ambientes enriquecidos, e não apenas a mera repetição de movimentos simples, foi fundamental para induzir mudanças morfológicas no sistema nervoso.

KLEIM et al. (2002) examinaram a relação entre o número de sinapses, a região/função cerebral e a aprendizagem. O experimento consistiu na divisão dos ratos em dois grupos cujo objetivo era percorrer um espaço para alcançar um alimento. No primeiro grupo foram colocadas mais barreiras para que chegassem até o alimento, enquanto que no segundo, o percurso era mais simples. Ambos os grupos tiveram 400 tentativas por dia, durante dez dias consecutivos. No final do experimento os animais foram sacrificados e foi realizado um mapeamento eletrofisiológico, assim como a contagem do número de sinapses por neurônio do córtex motor. As análises do mapeamento cerebral mostraram que o grupo que teve maior dificuldade (imposta pelas condições experimentais) para atingir o alimento, quando comparado com o que teve maior facilidade, obteve uma maior ativação de áreas cerebrais relacionadas à tarefa, assim como um número de sinapses, por neurônio, significativamente maior.

Os resultados encontrados oferecem um novo conhecimento acerca do processo de plasticidade cerebral, no sentido em que sugerem que as diferenças morfológicas entre a exposição a tarefas complexas em contraste com tarefas simples não são apenas evidenciadas no córtex cerebelar, como descrito por BLACK et al. (1990), mas também no córtex cerebral. Além disso, a diferença entre os grupos no mapeamento cerebral, assinalada por meio da contagem do número de sinapses no mesmo local, evidencia a relação direta entre mudanças morfológicas (sinapses) e mudanças funcionais (excitabilidade dos neurônios).

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de NUDO, MILLIKEN, JENKINS e MERZENICH (1996), realizado com primatas, cujo propósito era investigar o efeito da prática de habilidades motoras simples e complexas, no

cérebro. Foram formados dois grupos com 3 primatas em cada: o grupo experimental, que realizou tarefas manuais complexas e o grupo controle, que realizou tarefas manuais simples. Antes do início do experimento, todos os animais passaram por um mapeamento cerebral das áreas que seriam estimuladas através da realização da tarefa motora. Esta tarefa, prevista para o grupo experimental, tinha como objetivo recuperar um alimento que estava dentro de uma cavidade. No entanto, com o intuito de fazer com que os animais criassem estratégias e diversificassem as formas de completar a tarefa, era-lhes dificultada a recuperação do alimento, não permitindo que o apanhassem de forma simples com as mãos, mas que fizessem flexões e extensões com os dedos para o alcançar. Já aos animais do grupo controle, não lhes eram colocados quaisquer entraves para alcançar o alimento. O período de treinamento teve duração de 11 dias consecutivos. Na análise dos dados, a representação do mapa cerebral foi reconstruída e colocada ao lado do vídeo. Verificou-se que o grupo experimental apresentou uma performance superior após o período de treinamento, enquanto que o grupo controle não demonstrou qualquer alteração na representação cerebral.

Num experimento semelhante, PLAUTZ et al. (2000) facilitaram a obtenção do alimento aumentando o diâmetro do recipiente onde este se encontrava, possibilitando a utilização de toda a mão para o alcançar. O grupo experimental teve o mesmo tempo de prática que o dos grupos do estudo anteriormente apresentado (11 dias consecutivos), também utilizada a micro estimulação intracortical (ICMS). Os resultados não indicaram melhora no desempenho do grupo experimental, além de não terem sido encontradas diferenças nas representações cerebrais entre o pré e pós-treino. A partir desses dados, e em conjunto com os resultados de NUDO et al. (1996), PLAUTZ et al. (2000) propõem a idéia de uma relação de dependência entre plasticidade cortical e aprendizagem. Os autores referem que para ocorrer reorganização cortical é necessário que as habilidades aprendidas não sejam apenas a repetição de movimentos simples. Assim sendo, afirmam que os processos relativos à aprendizagem de habilidades complexas com maior exigência cognitiva podem induzir mudanças na neuroplasticidade que se relacionam com a aquisição de competências.

GOMEZ-PINILLA, SO e KESSLAK (1998) utilizaram o labirinto aquático de Morris para verificar as diferenças na expressão do fator de crescimento do fibroblasto básico do RNA mensageiro (FGF-2 mRNA), substância que parece contribuir para uma função cerebral saudável. Este labirinto foi construído para permitir que os ratos nadem e processem informações como pistas espaciais externas, ao mesmo tempo em que procuram uma plataforma submersa para buscar segurança. Desta forma, os pesquisadores procuraram investigar se o treinamento físico envolvendo a aprendizagem, através dos estímulos fornecidos pelo labirinto, poderia induzir uma maior expressão do FGF-2 mRNA quando comparado somente com o treinamento físico. Enquanto que o grupo experimental (aprendizagem) foi colocado no interior do labirinto em diferentes locais para que nadassem e processassem as informações disponíveis (pistas) de forma a encontrar um lugar seguro (plataforma) e o seu alimento, o grupo do treinamento simples (*yoked*) foi exposto, somente, ao treinamento de natação, contudo, ambas as intervenções tiveram o mesmo volume. Após o treinamento, os animais foram sacrificados e os resultados mostraram que os dois grupos que se exercitaram obtiveram níveis superiores de expressão do FGF-2 mRNA, quando comparados com o grupo controle, que se manteve na condição sedentária. Além disso, o grupo *aprendizagem*, quando comparado com o *yoked*, mostrou ter níveis superiores da expressão do FGF-2 mRNA no hipocampo e no cerebelo. Os resultados sugerem que a prática de habilidades motoras complexas, acompanhadas de alta demanda de processamento de informações, quando comparada com a prática de habilidades motoras simples, apresenta maior potencial para aumentar a expressão de fatores de crescimento neural, em determinadas regiões do cérebro.

O aumento desses fatores de crescimento neural a determinado limiar pode instigar uma condição de neuroplasticidade mais duradoura (CAREY et al., 2005). Se esse limiar é atingido mais facilmente através da prática de habilidades complexas de alta demanda cognitiva, seria mais interessante promover ou oferecer programas de exercícios físicos cujo objetivo fosse voltado para a aquisição de habilidades motoras, e não apenas oferecer atividades cujos movimentos sejam limitados à repetição de habilidades simples, cíclicas e já conhecidas. Estas

estratégias podem proporcionar modificações tanto morfológicas quanto fisiológicas no SNC, fornecendo a base para uma performance habilidosa.

Estudos realizados em animais trazem uma série de evidências diretas da existência de plasticidade cerebral em função da prática de tarefas complexas, particularmente, em animais adultos. Além destes, uma linha de estudos em humanos tem sido conduzida, rompendo com o paradigma da inexistência de plasticidade no cérebro adulto.

ERIKSSON, PERFILIEVA, BJÖRK-ERIKSSON, ALBORN, NORDBORG, PETERSON e GAGE (1998) realizaram um experimento com humanos no sentido de verificar, de forma direta, a existência de plasticidade cerebral em indivíduos adultos. Foi utilizada uma metodologia semelhante ao do estudo de GOULD, REEVES, FALLAH, TANAPAT, GROSS e FUCHS (1999), na qual foi injetada BrdU (uma forma sintética de timidina, que é incorporada à divisão mitótica) em macacos adultos, para assinalar a neurogênese. Depois de 3 semanas, o cérebro foi examinado com o intuito de identificar as células que incorporaram o marcador, verificando que as regiões dos córtices pré-frontal, temporal inferior e parietal tinham células que marcadas com BrdU, sugerindo que continham neurônios proliferativos.

No estudo de ERIKSSON et al. (1998), pacientes com câncer em estado terminal, como parte do processo de diagnóstico relacionado ao tratamento, recebiam BrdU, a mesma forma usada como marcador no estudo de GOULD et al. (1999). Depois de falecerem, foi realizado um exame histológico ao tecido post-mortem, tendo verificado que ao corar o tecido para identificar marcadores neuronais, as células marcadas por BrdU eram neurônios, mostrando a existência de neurogênese em cérebros humanos adultos.

Apesar deste tipo de estudo apresentar resultados importantes, surgem limitações à sua validade externa, no que concerne a toda a população, na medida em que não é permitido que seja realizado em indivíduos saudáveis. Além disso, com esta metodologia, não é possível realizar estudos de intervenção e verificar, posteriormente, os efeitos plásticos no cérebro em função do treinamento ou tratamento experimental. No entanto, os avanços nas técnicas de neuroimagem possibilitam avaliar, de forma não invasiva, mudanças funcionais como também

mudanças estruturais, permitindo a análise da plasticidade estrutural em humanos, embora também apresente limitações.

Com recurso a esta metodologia, outros trabalhos analisaram a reorganização dos mapas sensoriais e motores em adultos após amputação de um membro (GARRAGHTY, HANES, & KAAS, 1994; KNECHT, HENNINGSEN, HOHLING, ELBERT, FLOR, PANTEV & TAUB, 1998; PASCUAL-LEONE, PERIS, TORMOS, PASCUAL & CATALA, 1996; RAMACHANDRAN, 1993; RAMACHANDRAN, ROGERS-RAMACHANDRAN & STEWART, 1992; SANES, SUNER & DONOGHE, 1990), confirmando o desenvolvimento dos mecanismos plásticos, no cérebro, para se adaptar a uma nova condição anatômica e motora.

Um conjunto de pesquisadores estudou o cérebro de músicos tecladistas, tendo encontrado alterações significativas nas suas estruturas cerebrais. Foi verificado, através dos exames de imagens de ressonância magnética, um maior volume do córtex cerebral e cerebelar e substância branca, particularmente em áreas relacionadas com a habilidade musical (ELBERT, PANTEV, WIENBRUCH, ROCKSTROH & TAUB, 1995; GASER & SCHLAUG, 2003; HUTCHINSON, LEE, GAAB & SCHLAUG, 2003; OZTURK, TASCIOGLU, AKTEKIN, KURTOGLU & ERDEN, 2002; SCHMITHORST & WILKE, 2002).

MEISTER et al. (2005) utilizaram a ressonância magnética para caracterizar as representações motoras relacionadas com o tempo de prática e complexidade da tarefa. Doze pianistas e 12 jovens inexperientes foram submetidos à prática de sequências simples e complexas em um teclado. Os autores destacaram as propriedades dos mecanismos que dão suporte à reorganização cortical, devido à aprendizagem de habilidades motoras, confirmando essa característica do SNC de adultos. Segundo GAZZANIGA et al. (2006), esses achados demonstraram que novos neurônios são produzidos no cérebro humano adulto e que o cérebro é capaz de se renovar durante a vida em uma extensão que não se imaginava previamente ser possível. Verificou-se, portanto, que o cérebro adulto, embora menos plástico que o da criança, mantém uma capacidade constante de adaptação.

Sabe-se, entretanto, que tarefas de ativação mental são acompanhadas por muitas mudanças, tais como mudanças no metabolismo cerebral, como o aumento do consumo de glicose pelas células cerebrais e aumento do fluxo e

temperatura do sangue. Estas mudanças podem ser observadas diretamente através de instrumentos de imagens computadorizadas, como é o caso das imagens adquiridas por ressonância magnética funcional (fMRI) e por tomografia de emissão de pósitron (PET) (CARDOSO & SABBATINI, 2000). CHURCHILL et al. (2002) sugerem que os resultados preliminares da função cerebral junto à integração de estudos com animais e humanos conduzem ao entendimento do efeito da experiência no substrato do comportamento durante o envelhecimento.

Com o objetivo de entender o funcionamento do cérebro, suas características e respostas frente a estímulos, PASCUAL-LEONE et al. (1996) analisaram os efeitos da prática de uma tarefa complexa em contraste com uma tarefa simples utilizando movimentos com os dedos numa sequência de piano, com pessoas sem experiência com o instrumento. O grupo experimental tinha como objetivo realizar uma determinada sequência, utilizando todos os dedos numa determinada ordem e com marcação de tempo exata, supondo um esforço cognitivo, pois a tarefa exigia precisão. Esta tarefa foi realizada por cinco dias consecutivos e em todos os dias foram realizadas as medidas de eletroestimulação para determinar quais locais produziram um potencial motor evocado (MEP). Esta medida foi realizada tanto nas áreas correspondentes aos flexores, como nos extensores dos dedos, nos dois grupos de controle e no grupo experimental. O grupo controle 1 não realizou a tarefa, sendo sujeito apenas aos testes; o grupo controle 2 realizou movimentos com os dedos (no piano), porém sem sequência pré-determinada, de forma aleatória; e o grupo experimental realizou uma sequência pré-determinada. Após os 5 dias de treino, todos os grupos foram testados na mesma sequência pré-determinada que o grupo experimental praticou. Como previsto, o grupo experimental, quando comparado com os grupos controle, apresentou desempenho superior na tarefa, demonstrando um número de erros significativamente menor. O mapa motor indicou que as áreas cerebrais estimuladas do grupo experimental e do controle 2 cresceram de forma expressiva, comparativamente ao grupo controle 1. No entanto, a área foi significativamente maior nos indivíduos do grupo experimental.

Segundo CAREY et al. (2005), estes resultados são importantes porque complementam os estudos realizados com animais, sugerindo que a prática de tarefas complexas é mais eficaz que a prática de tarefas simples, no sentido em que

provoca alterações fisiológicas (aumento da excitabilidade cortical) e, conseqüentemente, conduz a uma performance mais habilidosa.

Entretanto, CLASSEN et al. (1998) realizaram um experimento para verificar o nível de ativação cortical produzidos pela prática repetitiva de tarefas motoras simples, mais precisamente movimentos com o polegar. Foi aplicada a estimulação magnética transcraniana antes e depois de aproximadamente 30 minutos da repetição voluntária de movimentos simples. Os resultados dos testes mostraram que houve uma inversão na direção do potencial evocado do pré-treino para o pós-treino, pois os potenciais evocados no pós-treino foram na direção do que foi treinado. No entanto, apesar de ter havido certa reorganização da excitabilidade cortical no pós-treino, ela foi de curta duração. Este fato foi verificado através das análises de todas as estimulações seguintes, que mostraram ter havido um regresso aos níveis iniciais de estimulação. Assim, embora os resultados desse estudo indiquem haver indução de neuroplasticidade através da repetição de movimentos simples, estas alterações parecem ser transitórias e, conseqüentemente, não promovem alterações funcionais benéficas para os indivíduos durante a aquisição de uma habilidade motora.

Embora ainda não esteja completamente estabelecido o mecanismo pelo qual a prática de habilidades complexas promove maior neuroplasticidade quando comparadas com as habilidades simples (CAREY et al., 2005), surge uma possível explicação que está relacionada aos fatores de crescimento neural (BNDF), que são substâncias presentes no cérebro e que têm a função de manter a saúde e o bom funcionamento dos neurônios primários glutamanérgicos (ANTUNES et al., 2006), além de terem importante papel na aprendizagem e longevidade (COTMAN & ENGESESSER-CESAR, 2002).

CAREY et al. (2002) desenvolveram um experimento sobre os efeitos da prática de habilidades complexas em indivíduos que haviam sofrido acidente vascular encefálico e que tinham tido comprometimento dos movimentos dos dedos da mão. O estudo contou com um grupo controle e um grupo experimental que passou por um treinamento de 18 a 20 sessões de 1h, que consistia em realizar tarefas com os dedos no qual tinham que atingir alvos ondulares, em diferentes formas e condições, numa tela de computador. Os participantes foram instruídos a realizar a tarefa com o

máximo de precisão possível, aumentando o seu nível de complexidade. Um eletrogoniômetro ligado ao computador foi colocado no dedo, para monitorar a performance dos participantes.

Para verificar as extensões das ativações corticais de áreas cerebrais, durante a realização das tarefas, foi realizado, antes e após o treinamento, exame de ressonância magnética funcional. Além disso, foi realizado um teste de transferência envolvendo tarefas de agarrar e liberar pequenos blocos. Os resultados mostraram uma melhora significativa do grupo experimental no desempenho das tarefas de apreensão e liberação dos blocos, apresentando o grupo controle um desempenho inalterado. A ativação cortical apresentou-se alterada (de ipsilateral para contralateral) e aumentada no grupo que treinou, por outro lado, o grupo controle permaneceu com o mesmo nível de ativação cortical entre o pré e o pós-teste. Assim, através de testes funcionais e exames de imagens, este estudo traz indícios de que mudanças funcionais são acompanhadas de mudanças estruturais no cérebro, em função de estímulos externos.

Utilizando a ressonância magnética, DRAGANSKI et al. (2004) estudaram 24 adultos que treinaram malabarismo. Os indivíduos foram divididos em dois grupos, sendo o grupo experimental submetido à aprendizagem de uma habilidade de malabares (cascata de 3 bolas), durante três meses, e o grupo controle não tendo realizado qualquer prática anteriormente à avaliação. Para verificar as modificações provocadas pela prática, foi utilizada a ressonância magnética estrutural, em três momentos diferentes: no início do estudo, após três meses de prática e após três meses do término da prática. Constatou-se uma expansão estatisticamente significativa no córtex cerebral, relativo à área responsável pela tarefa praticada, no grupo experimental. Esta expansão verificada não ocorreu nas áreas motoras, como previsto pelos autores. O aumento foi constatado em áreas relacionadas com a antecipação da trajetória do movimento e a coordenação visuo-motora, que são considerados importantes para a realização da tarefa aprendida. Após o período sem prática (três meses), verificou-se uma redução dessa expansão, contudo, os níveis apresentados eram ainda superiores aos níveis iniciais. Adicionalmente a essas mudanças plásticas, os autores também observaram mudanças funcionais, ou seja, o

desempenho demonstrado pelos indivíduos foi qualitativamente superior após os 3 meses de treinamento.

Considerando as limitações metodológicas próprias dos estudos com humanos, PEREIRA, HUDDLESTON, BRICKMAN, SOSUNOV, HEN, MCKHANN, SLOAN, GAGE, BROWN e SMALL (2007) desenvolveram dois experimentos em que procuraram associar os resultados obtidos nos humanos com os dos animais. O objetivo principal dos experimentos foi investigar a correlação existente entre a angiogênese e a neurogênese.

No primeiro experimento, 23 ratos adultos foram submetidos ao treinamento voluntário em esteira durante 6 semanas e outros 23 animais foram mantidos na condição de inatividade (grupo controle). Foram realizadas ressonâncias magnéticas nas semanas 0, 2, 4 e 6 para verificar o possível aumento da angiogênese cerebral. Na segunda semana foi aplicado BrdU (marcador) durante 7 dias consecutivos para verificar a possível neurogênese no giro dentado existente no tecido post-mortem. Através dos exames de imagem (RM) observou-se um aumento progressivo do volume no giro dentado. Pelo exame de microscopia eletrônica, verificou-se que os ratos ativos tiveram maiores níveis de BrdU, quando comparados com os ratos sedentários. Em posse de ambos os resultados, os autores realizaram uma análise de correlação entre as medidas, verificando uma correlação positiva entre a angiogênese e a neurogênese no giro dentado de ratos adultos, confirmando a relação direta existente entre esses dois fatores.

No segundo experimento, os autores submeteram 11 indivíduos adultos ao treinamento aeróbio variado (esteira, bicicleta, elíptica e *step*) com 4 sessões semanais de uma hora de duração, durante 12 semanas. Todos os participantes realizaram exames de ressonância magnética, teste de VO_{2max} e testes cognitivos antes e após o treinamento. Como previsto, os resultados indicaram aumento do VO_{2max} e de volume sanguíneo cerebral após o período de intervenção. Depois de analisadas todas as variáveis, os autores verificaram uma correlação positiva entre o aumento do volume no giro dentado e o aumento no VO_{2max} . Os desempenhos nos testes cognitivos também foram superiores na avaliação pós-exercício, sendo também positiva a correlação entre os testes cognitivos e o aumento de volume sanguíneo cerebral.

Em posse desses resultados, os autores verificaram (em ratos) que o aumento do volume sanguíneo cerebral (angiogênese) visualizado por imagens (RM), tem correlação positiva com a neurogênese. Com isso, os autores levantaram a hipótese de que com a constatação do aumento do volume sanguíneo cerebral é possível fazer uma correlação *in vivo* com a neurogênese. A plasticidade passa então a ser considerada como uma propriedade fundamental do sistema neural e cognitivo, não apenas como uma resposta a um insulto ou como um processo pertencente à fase de maturação do SNC (STILES, 2000). Esta propriedade parece estar relacionada com a resposta estrutural do organismo frente a mudanças funcionais e muitas vezes advindas de novos comportamentos adquiridos, novas habilidades incorporadas.

Como foi visto, os fatores que provocam mudanças plásticas e adaptações no SNC humano têm merecido a atenção de diversos pesquisadores e a prática regular de exercício físico tem-se mostrado um importante estímulo para reverter ou atenuar algumas perdas relacionadas ao processo natural ou patológico do envelhecimento.

A magnitude do efeito do exercício físico na cognição depende da natureza da tarefa cognitiva que está sendo avaliada e do tipo de exercício físico aplicado (ANTUNES et al., 2006). Embora haja controvérsia, diversos estudos têm demonstrado que o exercício físico melhora e protege a função cerebral, sugerindo que pessoas fisicamente ativas apresentam menor risco de serem acometidas por desordens mentais, em relação às sedentárias. Isso mostra, portanto, que a participação em programas de exercícios físicos permitem melhorar aspectos físicos e cognitivos (ELSAYED, 1980; VAN BOXTEL, 1996; KRAMER et al., 2006; VANCE et al., 2005; MARKOWSKA & SAVONENKO, 2002; ANTUNES et al., 2006) e que, provavelmente, indivíduos fisicamente ativos possuem um processamento cognitivo mais rápido (CHODZKO-ZAJKO & MOORE, 1994; CHODZKO-ZAJKO, 1991).

Os mecanismos que aumentam a velocidade do processamento cognitivo estão ligados a uma melhora na circulação cerebral e alterações na síntese e degradação de neurotransmissores. Além dos mecanismos de ação direta, outros, tais como a diminuição da pressão arterial, o decréscimo dos níveis de LDL e triglicérides no plasma sanguíneo e a inibição da agregação plaquetária parecem agir

indiretamente, melhorando essas funções e também a capacidade funcional geral, refletindo-se no aumento da qualidade de vida (VAN BOXTEL, 1997; MCAULEY & RUDOLPH, 1995; WOOD, 1999).

Por outro lado, ETNIER, SALAZAR, LANDERS, PETRUZZELLO, HAN e NOWELL (1997) afirmam que os efeitos agudos do exercício têm pouco impacto na cognição, sendo necessário que haja um treinamento periodizado capaz de produzir ganhos de condicionamento físico para incrementar a performance cognitiva.

2.6 Envelhecimento, Exercício Físico e Aprendizagem Motora

Ao longo desta revisão de literatura é possível constatar que o exercício físico é uma atividade capaz de promover impacto em grande parte dos sistemas do organismo. Os resultados de pesquisas básicas têm estendido esta noção para incluir o cérebro como um órgão que se beneficia diretamente desta prática (COTMAN & CESAR, 2002), no sentido em que se podem melhorar e proteger as funções cerebrais.

A questão da plasticidade cerebral está diretamente relacionada às aprendizagens em geral, portanto, também relacionada à aprendizagem motora, que segundo SCHMIDT (1988), é o processo que envolve uma mudança relativamente permanente no desempenho motor, como resultado da prática ou experiência e que pode levar horas, dias e até semanas (CECH & MARTIN, 1995). Adicionalmente, COLL, POZO, SARABIA e VALL (2000) afirmam que a aprendizagem só se realiza quando o indivíduo faz uso do conhecimento recém adquirido em diferentes situações da vida, solucionando e adaptando-se a novas situações.

O desempenho motor habilidoso pode ser reconhecido na rotina diária e está presente em atividades como a escrita, o correr, o saltar, o arremessar na cesta de basquetebol, ou driblar no futebol. O contrário também é verdadeiro, sendo possível reconhecer a ausência de habilidade motora quando se observa um indivíduo que sofreu acidente vascular encefálico realizando atividades básicas, como transportar uma jarra de água de um ponto a outro, ou subir alguns degraus de uma escada. Portanto, o desempenho motor habilidoso pode ser definido como sendo uma ação complexa e voluntária, que envolve mecanismos sensoriais e

motores, que pelo processo de aprendizagem, se torna organizado e coordenado, para alcançar objetivos pré-determinados com máxima certeza (WHITING, 1975).

Assim, a habilidade motora desempenhada com precisão de tempo e espaço é necessária para atender às exigências do movimento de tarefas de baixo e alto esforço cognitivo. Deste modo, a aquisição de um repertório motor vasto, tanto para indivíduos que foram acometidos por problemas neurológicos, quanto para atletas profissionais, é fundamental.

A capacidade de aprendizagem é mantida durante o processo de envelhecimento. Esta afirmação tem suporte da literatura científica, tanto em estudos conduzidos em laboratório (ANSHEL, 1978), como em estudos que utilizaram tarefas motoras com maior validade ecológica, como num campo de golfe (STEINBERG, 2000; STEINBERG & GLASS, 2001).

No entanto, de um modo geral, a aquisição e/ou aprendizagem de habilidades motoras são aspectos raramente enfatizados nos programas de exercícios físicos para idosos. Este tipo de ambiente expõe os indivíduos a situações inesperadas de resolução de problemas e desafios, que exigem uma série de adaptações e ajustes na seleção de respostas motoras de forma a cumprir, com sucesso, os objetivos propostos.

Por outro lado, há evidências de que programas de exercícios físicos de caráter mais genérico possam também melhorar as capacidades motoras da população idosa como, por exemplo, na resistência de força. Isto foi verificado por ZAGO et al. (2000) quando investigaram o efeito de um programa de exercícios físicos gerais (esportes adaptados, atividades lúdicas, atividades com pesos leves, ginástica e dança), de intensidade moderada, num grupo de idosos. Os pesquisadores referiram um aumento significativo dos níveis de resistência de força após nove meses de participação no programa, indicando os efeitos positivos, nas capacidades motoras de idosos participantes de programas de exercícios de caráter geral.

Considerando a necessidade de diminuição dos riscos para a saúde associados à diminuição das capacidades motoras durante o envelhecimento, FONSECA (2004) comparou os níveis das capacidades motoras de idosos participantes de dois programas de exercícios físicos com objetivos diferentes: o

primeiro voltado especificamente para o ganho de capacidades motoras e o segundo voltado, prioritariamente, para a aprendizagem de habilidades motoras (basquetebol). Foram pareados os níveis de exercício físico, idade e tempo de prática em ambos os grupos experimentais, não tendo sido verificadas diferenças no que diz respeito às capacidades motoras dos participantes dos dois programas. Estes resultados indicam que um programa que envolva prioritariamente a prática de habilidades motoras complexas é igualmente capaz de promover incrementos nas capacidades motoras de indivíduos idosos, tanto quanto aqueles que enfatizam a repetição de movimentos simples, comumente utilizados para o treinamento dessas capacidades.

3 Objetivo

Este estudo teve por objetivo investigar os efeitos de dois programas de exercícios físicos nas capacidades motoras e nas estruturas cerebrais de idosos. Dessa forma, foram comparados dois programas de exercícios físicos, sendo um voltado especificamente para o incremento das capacidades motoras, através da repetição de movimentos simples, e o outro voltado para a aprendizagem e prática de movimentos complexos, numa situação experimental de ensino-aprendizagem. Foram avaliados os efeitos desses programas nas estruturas cerebrais (áreas motoras e relacionadas à aprendizagem), por meio de ressonância magnética cerebral e, nas capacidades motoras, por meio de testes de capacidade funcional.

4 Método

Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (protocolo nº 2008/52), foram iniciadas as atividades de pesquisa. Todas as participantes foram informadas sobre o método da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO X).

4.1 Amostra

As participantes tiveram conhecimento da pesquisa através de diversos meios de comunicação, em particular, o Jornal da USP, a Folha de São Paulo (Caderno Equilíbrio), estações de rádio, *sites* na internet, além de cartazes colocados em instituições frequentadas por idosos.

Considerando as diferenças nas estruturas cerebrais de homens e mulheres, foram recrutadas apenas mulheres para participarem do estudo. Os critérios de inclusão no estudo foram:

- ✓ Mulher;
- ✓ Idade entre 60 e 75 anos;
- ✓ Sedentária há pelo menos um ano;
- ✓ Pontuação igual ou acima da considerada normal, de acordo com os anos de escolaridade, no mini exame de estado mental (ANEXO I)
- ✓ Os critérios de exclusão do estudo foram:
- ✓ Presença de metal no corpo (clip de aneurisma, marcapasso, etc.);
- ✓ Claustrofobia.

Compareceram aproximadamente 110 mulheres interessadas em participar da pesquisa, porém, por motivos pessoais e critérios de inclusão/exclusão, o estudo contou apenas com 40 participantes. O estudo foi finalizado com 40 mulheres, em função da desistência de 2 idosas do grupo controle.

Após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, as participantes foram divididas em três grupos: o grupo Condicionamento Físico, que participou de um programa de intervenção voltado especificamente para ganhos nas capacidades motoras; o grupo Jogos, que participou de um programa no qual a aquisição de habilidades motoras foi enfatizada, e; o grupo Controle, que não participou de nenhum programa de exercício físico. Todas as participantes informaram estar há mais de 1 ano sem praticar exercício físico de forma sistematizada. A distribuição entre os grupos foi aleatória, exceto em alguns casos particulares de pessoas que não podiam participar das aulas em determinado horário.

As 40 participantes foram distribuídas em 3 grupos, conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2: Caracterização dos grupos

Grupo	N	Idade (anos)
Condicionamento Físico	13	64,07 $\pm$ 3,14
Jogos	14	67,92 $\pm$ 3,75
Controle	13	67,69 $\pm$ 4,78

4.2 Medidas

4.2.1 Anamnese

Para acessar informações consideradas relevantes à realização do estudo, assim como auxiliar na interpretação dos resultados, um questionário anamnese foi aplicado (ANEXO III). O questionário envolveu aspectos relacionados à existência de doença cardíaca, osteoarticular, histórico de quedas, uso de medicamentos, bem como informações relativas a fatores de risco (fumo, sedentarismo, etc.).

4.2.2 Questionário de Baecke

O questionário de Baecke, modificado para idosos (VOORRIPS, 1997) e validado para a população idosa feminina (MAZO, MOTA, BENEDETTI & BARROS, 2001), foi aplicado para verificar a quantidade e o nível de atividade física das participantes (ANEXO II).

Este questionário, que foi aplicado na forma de entrevista, divide-se em três partes: a primeira referindo-se às atividades domésticas, a segunda, às atividades esportivas e a terceira, às atividades de lazer.

4.2.3 Mini-mental

O instrumento Mini-Exame do Estado Mental (MEEM) foi desenvolvido para avaliar o estado mental dos indivíduos. É composto por 7 categorias que avaliam funções cognitivas específicas: orientação para tempo (5 pontos), orientação para local (5 pontos), registro de 3 palavras (3 pontos), atenção e cálculo (5 pontos), lembrança das 3 palavras (3 pontos), linguagem (8 pontos) e capacidade construtiva visual (1 ponto). A pontuação obtida no teste pode variar entre 0 e 30 pontos, sendo que quanto mais baixa, maior é o déficit cognitivo (ALMEIDA, 1998; BRUCKI, NITRINI, CARAMELLI, BERTOLUCCI e OKAMOTO 2003). Portanto, o desempenho no teste pode ser influenciado pelos anos de escolaridade.

BRUCKI, NITRINI, CARAMELLI, BERTOLUCCI e OKAMOTO (2003) desenvolveram um estudo com a população brasileira, sugerindo valores (escores) de referência relativos aos anos de escolaridade: para analfabetos, 20; entre 1 a 4 anos de escolaridade, 25; entre 5 a 8 anos de escolaridade, 26,5; entre 9 a 11 anos de escolaridade, 28; e para indivíduos com escolaridade superior a 11 anos, 29.

4.2.4 Avaliação das capacidades motoras

O nível das capacidades motoras das participantes foi avaliado por meio da bateria de testes de capacidade funcional desenvolvidos por RIKLI e JONES (1999 a,b), que avaliam a força e flexibilidade dos membros superiores e inferiores, capacidade aeróbia, agilidade/equilíbrio dinâmico e índice de massa corporal (IMC). O Quadro 3 apresenta a descrição dos testes.

Quadro 3: Bateria de testes de capacidade funcional de Fullerton (RIKLI & JONES, 1999a,b).

Parâmetro Físico	Teste	Protocolo
Força de membros inferiores	Levantar da cadeira (maior número de repetições em 30 segundos)	1 tentativa
Força de membros superiores	Rosca (flexionar e estender o antebraço o maior número de vezes em 30 segundos)	1 tentativa
Flexibilidade de membros inferiores	Sentar e Alcançar (medida, em centímetros, do comprimento entre a ponta dos dedos da mão e do pé)	Melhor de 2 tentativas
Flexibilidade de membros superiores	Mãos nas costas (medida, em centímetros, do comprimento entre os dedos das mãos)	Melhor de 2 tentativas
Capacidade aeróbia	Caminhar 6 minutos (percurso máximo, medido em metros, caminhado o mais rápido possível)	1 tentativa
Agilidade motora/ Equilíbrio dinâmico	Levantar, ir e voltar (realizar o percurso o mais rápido possível - medido em segundos)	Melhor de 2 tentativas
Composição Corporal	IMC (peso corporal/estatura Kg/m ²)	1 medida de cada.

4.2.5 Avaliação do equilíbrio

Para avaliação do equilíbrio foi utilizado o teste de Apoio Unipedal (*Unipedal Stance*) (SPRINGER, MARIN, TAMARA, e GILL, 2007). O objetivo deste teste é avaliar o tempo (segundos) que o indivíduo consegue permanecer nas 4 condições experimentais:

1. Em pé, apoiado sobre o membro inferior direito, com os olhos abertos;
2. Em pé, apoiado sobre o membro inferior esquerdo, com os olhos abertos;

3. Em pé, apoiado sobre o membro inferior direito, com os olhos fechados;
4. Em pé, apoiado sobre o membro inferior esquerdo, com os olhos fechados.

As participantes executaram 3 vezes, de forma aleatória, cada condição experimental. As idosas posicionaram-se num local previamente demarcado, com os pés paralelos, mantendo 10 cm de distância entre a linha média de cada calcâneo. Foi-lhes orientado para que mantivessem os membros superiores ao longo do corpo e fixassem o olhar em um ponto em forma de X, que ficou na parede à altura dos olhos, a uma distância de 1 metro. A partir desta posição foram instruídas a elevar um dos pés do solo, realizando uma flexão de joelho. O examinador registrou o tempo (segundos) que a participante permaneceu em cada uma das posições. Caso a participante conseguisse permanecer 45 segundos na posição solicitada, o examinador pedia-lhe que retornasse à posição inicial (com os dois pés no chão em paralelo), e atribuía-lhe a pontuação máxima no teste.

4.2.6 Ressonância Magnética

Considerando que o uso de ressonância magnética (RM) não é habitual na área da Educação Física, optou-se por descrevê-la de forma detalhada.

A RM foi descrita pela primeira vez em 1946, pelos físicos Blonch e Purcell. Posteriormente, o químico Paul Lauterbur e o físico Sir Peter Mansfield desenvolveram trabalhos pioneiros com o uso da técnica, permitindo que a RM fosse de grande utilidade no estudo da estrutura química de substâncias, permitindo a sua aplicação e utilização na medicina (OTADUY, TOYAMA, NAGAE & AMARO, 2008).

COVOLAN, ARAUJO, SANTOS, CENDES (2004) definem a RM como um método não invasivo, para demonstrar a anatomia interna, baseada em imagens tridimensionais de órgãos e estruturas, usando secções seriadas em vários planos, armazenadas em computador e exibidas para análise transversal, coronal e sagital, que neste estudo se restringe ao cérebro.

Este método aproveita as propriedades naturais dos átomos existentes no corpo humano para criar uma imagem e, ao contrário de outros métodos de produção de imagem como a tomografia computadorizada ou radiografia, a RM é um método de diagnóstico de baixo risco, não expondo o indivíduo à radiação ionizada.

Nesta técnica, as partículas responsáveis pelo sinal são os núcleos magnéticos do hidrogênio (^1H), que por serem constituídos apenas por um próton são chamados de prótons. Este sinal provém principalmente dos prótons nas moléculas de água do tecido, que constituem aproximadamente 70% do organismo (OTADUY et al., 2008).

Na realização do exame de RM o indivíduo é introduzido no aparelho ou máquina, que consiste num túnel com cerca de 1,5 a 2,5 metros de comprimento, cujo funcionamento produz um ruído característico da emissão das ondas de radiofrequência e procedimento de localização do sinal. Esse ambiente é limitante para claustrofóbicos e contra-indicado para pacientes com marca-passo e "clips" de aneurismas (AMARO & YAMASHITA, 2001). Além disso, é necessário realizar uma anamnese com todos os examinados ou avaliados, antes de entrarem na máquina, para determinar se há qualquer tipo de material metálico no corpo que possa sofrer indução eletromagnética e assim trazer risco de saúde ou de morte ao indivíduo.

Esta técnica, segundo AMARO e YAMASHITA (2001), fundamenta-se em três etapas: alinhamento, excitação e detecção de radiofrequência. O alinhamento refere-se à propriedade magnética do núcleo de alguns átomos, que tendem a orientar-se paralelamente a um campo magnético (como uma bússola em relação ao campo magnético da terra). Como dito anteriormente, por razões físicas e pela abundância, o núcleo de hidrogênio (próton) é o elemento utilizado para produzir as imagens de seres biológicos. Para que os átomos sejam orientados numa certa direção, o indivíduo é colocado dentro de um campo magnético, que pode variar entre 0,2 a 4 Tesla (T). O valor de Tesla indica quantas vezes o campo magnético produzido pela máquina é maior que o da Terra (3 Tesla = 60 mil vezes mais intenso que o campo magnético da terra) (AMARO e YAMASHITA, 2001; OTADUY et al., 2008). Além de indicar a intensidade do campo magnético, a quantidade de Teslas indica também o grau de definição da imagem, sendo diretamente proporcional ao seu valor.

Após a etapa de alinhamento segue-se a etapa da excitação. Sabe-se que cada núcleo de hidrogênio "vibra" na frequência proporcional ao campo magnético em que está localizado. Assim, em 1,5 T, o hidrogênio apresenta uma frequência de 63,8 MHz, fazendo com que o aparelho emita uma onda eletromagnética da mesma

frequência, transferindo energia para os átomos de hidrogênio (fenômeno conhecido como ressonância).

A terceira e última etapa é a produção das imagens, que é a etapa da detecção de radiofrequência. Quando os núcleos de hidrogênio recebem a energia, tornam-se instáveis e, ao retornarem ao estado habitual, emitem ondas eletromagnéticas na mesma frequência (63,8 MHz - faixa de ondas de rádio). O equipamento detecta essas ondas e determina a posição no espaço e a intensidade da energia. Essa intensidade é apresentada como "brilho" na imagem, sendo utilizada a nomenclatura "intensidade de sinal" (AMARO & YAMASHITA, 2001).

Este exame pode, portanto, gerar imagem de qualquer parte do corpo e, segundo OTADUY et al. (2008), são as propriedades de relaxação dos prótons, em cada tecido, que vão determinar o sinal e o contraste na RM. No entanto, é preciso distinguir os dois tipos de relaxação: a relaxação transversal, ou relaxação spin-spin, que se refere à magnetização transversal e é descrita pela constante de tempo T2; e a relaxação longitudinal, ou relaxação spin-rede, que se refere à magnetização longitudinal e é descrita pela constante T1. Assim, com a RM é possível obter informação estrutural, de acordo com as diferenças de T1, T2 e densidade dos prótons nos diferentes ambientes (tecidos ou estruturas). A vantagem das aquisições 3D é a obtenção de imagens correspondentes a cortes muito finos (espessura $\leq 0,1$ mm) e sem espaçamento entre eles, permitindo depois a sua reconstrução em qualquer plano.

Através deste exame e de técnicas específicas, é possível obter diversos valores sobre as estruturas e tecidos cerebrais. A técnica de volumetria permite obter valores quantitativos a respeito do volume de uma estrutura ou lesão. Através de estudos volumétricos, por RM, tem sido possível determinar variações estruturais em função do sexo e idade numa população normal, ou mesmo naquelas em que há alterações patológicas.

A resolução espacial e o contraste são dois critérios importantes na escolha da técnica a ser utilizada para adquirir as imagens volumétricas. Quanto maior a matriz utilizada, menor o risco de erro de volume parcial, facilitando a medida de estruturas menores. Idealmente será utilizada uma aquisição 3D com versões rápidas das sequências *steady state* pesadas em T1 (maior detalhe anatômico),

conhecidas como sequências FSPGR ou suas equivalentes, podendo-se obter resolução espacial de 1mm ao longo dos três eixos. De acordo com as estruturas a serem medidas, podem ser utilizados recursos como o pulso de inversão (IR) para suprimir o líquido (T1 longo) ou intensificar o contraste entre a substância branca e a cinzenta (T1 intermediário) (OTADUY et al., 2008).

Para o cálculo do volume é necessário segmentar na imagem a estrutura de interesse, procedimento que pode ser feito manualmente ou através de métodos de segmentação automáticos ou semi-automáticos. Existe uma ampla gama de diferentes algoritmos e programas dedicados à segmentação de RM, que podem utilizar apenas um tipo de imagem, ou vários tipos de imagem ao mesmo tempo (método multiespectral) (referências do vbm e *freesurfer*).

Todos os métodos de segmentação dependem da intensidade do sinal de cada pixel ou voxel na imagem, considerando que nem sempre a variação de sinal decorre das propriedades teciduais. Às vezes, a imagem é heterogênea por causa da heterogeneidade do campo B1 da bobina transmissora, fazendo com que em alguns lugares o sinal seja mais ou menos intenso. Porém, esta heterogeneidade na imagem pode ser corrigida matematicamente antes de se proceder ao método de segmentação. Tem sido demonstrado que fazer uso desta correção pode diminuir consideravelmente a variabilidade do método (OTADUY et al., 2008).

Sabe-se que há diferenças significativas nos valores dos volumes cerebrais em função de sexo e idade na população normal, portanto, é essencial dispor de um grupo controle que corresponda à mesma distribuição por sexo e idade do grupo experimental e que tenha sido estudado com o mesmo método de aquisição e de processamento (FREDERIKSE, LU, AYLWARD, BARTA & PEARLSON, 1999; SCAHILL, FROST, JENKINS, WHITWELL, ROSSOR & FOX, 2003). Além disso, é importante que o aparelho de RM seja o mesmo em todas as medições, uma vez que existe influência do aparelho sobre os resultados obtidos. Ainda que se controlem todos esses fatores, a variabilidade entre os sujeitos normais é grande, por isso, foi criado um método para minimizar esta variabilidade, que consiste em normalizar o volume da estrutura de interesse pelo valor de uma estrutura que normalmente não muda com a doença, como o volume total intracraniano (OTADUY et al., 2008).

No presente estudo, foi utilizado apenas a RM estrutural, mas ainda dentro desta técnica, existe a ressonância magnética funcional (RMf), que é um método de imagem que visa a localização da atividade cerebral, baseado na comparação de imagens adquiridas durante diferentes estados de atividade neuronal. Nesta técnica, o indivíduo desempenha determinada tarefa enquanto são adquiridas imagens consecutivas do cérebro. A RMf pode ser realizada a partir de várias técnicas de aquisição de imagem, sendo a principal baseada nas diferenças de oxigenação no tecido que é, em parte, influenciada pelo fluxo e volume sanguíneos regionais (RAICHLE & MINTUN, 2006; SUNAERT, DYMARKOWSKI, VAN OOSTENDE, VAN HECKE, WILMS & MARCHAL, 1998; HAXBY, GRADY, UNGERLEIDER & HORWITZ, 1991).

Finalmente, os exames de RM realizados no presente estudo foram realizados devido à colaboração da equipe liderada pelo Prof. Dr. Edson Amaro Jr., do Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo.

4.2.6.1 Aparelho

Todos os exames foram realizados no mesmo aparelho: um escâner de 3.0T (Intera Achieva, Philips Healthcare), equipado com gradientes capazes de 80mT/m de amplitude e taxa de 200mT/m/MS, na qual foi utilizada uma bobina de cabeça de 8 canais. O aparelho utilizado, que foi aferido ao longo do estudo através de controle de qualidade diário, pertence ao serviço de RM do Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo.

Figura 1: Aparelho de RM Intera Achieva, Philips Healthcare.

A segurança das participantes na realização deste exame foi garantida pela adoção dos procedimentos padronizados pelo Instituto de Radiologia, que foram seguidos de forma rigorosa. Estes compreendiam entrevistas às participantes que pretendiam avaliar quaisquer contra-indicações ao exame. Após saírem da máquina de RM, as participantes responderam os questionários apresentados nos ANEXOS VII e VIII.

Para obter qualidade técnica no exame de RM, foram adotadas medidas de contenção leve de movimentos da cabeça, minimizando artefatos decorrentes de movimentação durante a realização do exame, sem que fosse causado desconforto. Foram, portanto, colocadas fitas adesivas na fronte e coxins de espuma nas laterais da cabeça, propiciando imobilização adequada. As participantes foram orientadas a permanecer imóveis, principalmente na cabeça, durante a aquisição das imagens.

Foram realizadas 3 sequências estruturais, sendo a primeira de localização e as 2 seguintes imagens volumétricas.

- ✓ Localizador: foram adquiridas imagens T1-FFE em 3 planos (sagital, coronal e axial), com 3 cortes em cada um, tempo de repetição (TR) 9,8ms, tempo de eco (TE) 4,6ms, Matrix 256 x 128 e FOV=25cm. Além disso, foi realizada uma aquisição sagital de *balanced* FFE

com TE=2,4ms, TR=6,0ms, FOV=16cm e matriz de 276x273. Esta aquisição sagital tem a finalidade de identificar a linha que une a comissura anterior e comissura posterior para programar seus cortes axiais BOLD seguindo inclinação. Caso houvesse necessidade de reposicionamento, a sequência era repetida.

- ✓ Volumétricas: Foram adquiridas imagens tridimensionais, de altíssima resolução, na orientação sagital com 1mm³ de resolução espacial isotrópico e um fator de aceleração (SENSE) de 2,0 na direção RL. A sequência de pulsos utilizada foi um 3D-FFE com um TE 2.8 ms e TR de 6.2ms, TI de preparação 778 ms e um ângulo de inclinação de 8°.

4.2.6.2 Processamento das imagens de RM

Para analisar a espessura e o volume da camada cortical, existem diversas técnicas de avaliação, tanto manuais quanto automatizadas. A primeira e mais antiga, é a análise radiológica convencional, que se baseia na segmentação manual. Esta técnica, por ter baixa precisão e não ser capaz de interpolar a resolução espacial da imagem tem sido cada vez menos utilizada. Além disso, é um processo que depende muito do operador e está, portanto, sujeito à grande variabilidade entre as medições.

A segunda técnica é baseada em algoritmos computacionais, permitindo que a análise cortical seja feita de maneira objetiva e reproduzível. As imagens são analisadas de maneira automatizada e, portanto, envolve a utilização de *softwares*. Foram desenvolvidos diversos *softwares*, porém, apenas alguns possuem resultados devidamente descritos na literatura. Um dos primeiros, denominado *FreeSurfer* (<http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu>), foi desenvolvido na Universidade de Harvard, e descrito por Dale, Fischl e Sereno (FISCHL, SERENO & DALE, 1999; DALE, FISCHL & SERENO, 1999). Esta técnica permite a análise da superfície cortical em grandes quantidades de dados, possibilitando a comparação intra e inter-grupos, ao longo do tempo. A consistência apresentada, relativamente à medição proposta, fez com que se tornasse a técnica mais utilizada pela comunidade científica. A maior

desvantagem do seu uso é o tempo necessário para completar a análise de apenas um indivíduo, chegando a um consumo de aproximadamente 35 horas/indivíduo, por núcleo de processador.

4.3 Programas de exercícios físicos

Foram desenvolvidos dois programas distintos, que se realizaram nas dependências da EEFE-USP, durante catorze semanas (40 sessões de treinamento), com três sessões semanais. Cada sessão teve a duração de uma hora e vinte minutos, dividida em parte inicial (10 a 15 minutos), parte principal (50 minutos) e parte final (15 minutos).

A frequência das participantes foi controlada pela pesquisadora, sendo excluídas da pesquisa as que não perfizeram, ao menos, 75% de presença. As aulas de ambos os programas foram ministradas por quatro professores de educação física, incluindo a pesquisadora responsável pelo estudo.

A seguir serão apresentadas as características dos 2 grupos experimentais e também do grupo controle.

4.3.1 Grupo Condicionamento Físico

O programa Condicionamento físico teve como objetivo o incremento das capacidades motoras (força, capacidade aeróbia e flexibilidade), através da prática de habilidades motoras simples, repetitivas e cíclicas e, portanto, em ambiente estável de baixa complexidade. Para isso foram selecionados exercícios de flexibilidade e força, caminhada/corrida, conforme recomendado pelo Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM, 1998). A Figura 4 ilustra uma sessão de exercícios deste programa.

Figura 2: Ilustração de uma sessão de exercícios do Grupo Condicionamento Físico.

O treinamento foi programado para 40 sessões e periodizado com base em 4 ciclos de 2 a 4 semanas, com progressão gradual de carga para todas as capacidades motoras (ver Quadro 4).

Quadro 4: Periodização do treinamento das capacidades motoras durante 14 semanas.

	Capacidade	1-2 sem	3-6 sem	7-10 sem	11-14 sem
		Número repetições/ tempo	Número repetições/ tempo	Número repetições/ tempo	Número repetições/ tempo
Reto abdominal	Força	15	12	10	8
Quadríceps	Força	15	12	10	8
Isquio-tibiais	Força	15	12	10	8
Grande dorsal	Força	15	12	10	8
Peitoral	Força	15	12	10	8
Tríceps	Força	15	12	10	8
Bíceps	Força	15	12	10	8
Caminhada/Corrida*	Cap. Aeróbia	25 min	30 min	35 min	40 min*
Isquio-tibiais	Flexibilidade	3 x 1 min	3 x 1 min	3 x 1 min	3 x 1 min
Ombro/Tríceps	Flexibilidade	3 x 1 min	3 x 1 min	3 x 1 min	3 x 1 min
Peitoral	Flexibilidade	3 x 1 min	3 x 1 min	3 x 1 min	3 x 1 min

As duas primeiras semanas foram dedicadas à familiarização dos aparelhos e técnicas de execução dos exercícios, bem como das cargas de treino individualizadas. Foi fornecida a instrução de que as cargas deveriam ser estabelecidas individualmente de acordo com o número de repetições máximas (15, 12, 10, ou 8) a serem realizadas, ou seja, quando estivessem próximas às últimas repetições de cada série, era importante que as realizassem com dificuldade. Esta informação foi constantemente reforçada, principalmente no início de cada ciclo.

Com relação aos exercícios aeróbios, a instrução foi para que as participantes caminhassem em duplas de capacidade aeróbia semelhante. A possibilidade de conversar durante a caminhada foi reforçada ao longo do desenvolvimento do programa, mas as participantes eram periodicamente alertadas para que não baixassem a intensidade do exercício. Ao longo do tempo, as participantes foram se conhecendo e puderam perceber quais as pessoas que caminhavam de forma semelhante. Quando não encontravam ninguém que caminhasse em intensidade compatível, algumas participantes preferiam caminhar sozinhas.

Na metade do terceiro ciclo de treinamento foram introduzidos pequenos trechos de corrida, que no quarto ciclo, foram progressivamente aumentados.

Os exercícios de flexibilidade eram realizados na parte final da sessão. Todos os exercícios das musculaturas selecionadas (isquio-tibiais, ombro e peitoral) eram repetidos 3 vezes, durante 1 minuto, na amplitude articular máxima de cada postura. As musculaturas/articulações foram selecionadas em função das que, pelo processo natural de envelhecimento, representam uma maior perda funcional. As intensidades foram selecionadas individualmente, de acordo com a sensação de capacidade máxima (grau máximo de amplitude articular). Essa informação foi constantemente reforçada pelos professores.

4.3.2 Grupo Jogos

O Grupo Jogos teve como objetivo a prática de habilidades motoras simples e complexas, que foram exercitadas em ambiente aberto. Para isso, foram selecionadas atividades que exigissem esforço cognitivo (resolução de problemas

motores). Além disso, as atividades selecionadas propiciaram uma maior interação entre as participantes.

Uma característica marcante do programa Jogos foi propiciar condições adequadas para que as participantes ampliassem o repertório motor. Para tanto, o conteúdo das sessões propiciou diferentes experiências motoras e em situações de baixa previsibilidade. Ao longo das sessões, foi possível observar que o ambiente criado promoveu a interação entre as participantes durante as atividades, exigindo-lhes esforço cognitivo na resolução dos problemas e na tomada de decisão. A Figura 5 ilustra uma sessão do programa de exercícios do Grupo Jogos.

Figura 3: Ilustração de uma sessão de exercícios do Grupo Jogos.

O programa do grupo Jogos foi planejado para 40 sessões, utilizando conteúdos do basquetebol, voleibol, futebol, handebol, adaptados às suas condições físicas, além de atividades envolvendo equilíbrio, ritmo e jogos recreativos (ANEXO XV).

A progressão das sessões foi planejada dentro de cada tema de atividades específicas e de acordo com o aumento de complexidade dessas habilidades motoras.

Não foi possível realizar o controle da intensidade e carga dos exercícios de forma direta, mas tomou-se o cuidado para que houvesse progressão desses parâmetros em cada uma das atividades. Um exemplo prático de como se realizou, foi uma regra criada para alguns jogos e atividades de cunho competitivo, em que inicialmente não era permitido correr, apenas caminhar rapidamente.

Observou-se que grande parte das participantes desse grupo, teve pouco ou nenhum contato com habilidades motoras especializadas ao longo da vida, ou seja, pouco, ou nenhum contato com jogos recreativos e com bolas. Por esse motivo, as sessões foram programadas de forma a que as habilidades fossem introduzidas progressivamente, em função da complexidade da atividade. Os materiais, principalmente as bolas utilizadas, foram apresentados inicialmente em atividades de exploração do objeto, para posteriormente utilizá-las no contexto do jogo em particular.

As atividades esportivas foram realizadas com materiais e quadra apropriados (tamanho oficial), com exceção da bola de voleibol, que foi avaliada pelas participantes como sendo inadequada para arremesso com os dedos. Inicialmente, para introduzir cada um dos esportes e para que tivessem conhecimento geral sobre a habilidade, foram realizados jogos reduzidos. Assim, as participantes puderam compreender o jogo, conhecer algumas regras, lidar com cada material, deslocar-se no espaço e controlar o próprio corpo em situação de jogo, interagindo com as outras pessoas.

4.4 Delineamento experimental

Como ilustrado na Figura 1, o estudo teve duração total de 14 semanas. Antes do início dos programas foi realizada a primeira fase de coleta de dados. Após esta fase, iniciaram-se as aulas, que se estenderam ao longo de 14 semanas. No final desse período, e com o intuito de verificar o efeito dos programas, todas as participantes repetiram os testes.

Figura 4: Desenho do estudo

4.5 Análise dos Resultados

Os resultados referentes aos testes de capacidade funcional, bem como aos volumes das áreas corticais e subcorticais foram analisados com o *SPSS*, versão 17.0 (Windows). Enquanto que a análise da espessura cortical foi realizada pelo programa *QDEC*, do software *FreeSurfer*. Um resumo dos passos executados no processamento de cada indivíduo é apresentado na Figura 3.

Inicialmente foi aplicada uma análise de variância *one way* em todas as variáveis de controle (nível de atividade física, estado mental, escolaridade, idade e índice de massa corporal) para verificar se havia alguma diferença significativa em relação à caracterização inicial de cada grupo.

Com o intuito de verificar se houve mudança ou uma diferença significativa no que se refere tanto ao desempenho na bateria de testes de capacidade funcional e nos testes de equilíbrio estático, quanto na volumetria e espessura cortical, após as 14 semanas de intervenção, aplicou-se um teste *t pareado*, em cada um dos grupos separadamente, por se tratar de um teste estatístico que define o nível de semelhança ou diferença entre dois momentos de uma mesma amostra ou população.

A outra questão que fundamentou essa pesquisa se refere à mensuração do efeito do programa de intervenção nos dois grupos experimentais, contrastando, também as possíveis diferenças com o grupo Controle. Portanto, o teste estatístico escolhido para essa análise foi a anova *one-way*, a partir dos valores médios obtidos da diferença de desempenho pré e pós-intervenção (delta), já que o objetivo foi o de comparar médias de diferentes grupos simultaneamente. Caso tenha surgido tal efeito, utilizou-se o *post hoc* de Tukey para localizar o grupo. Como os procedimentos serão conduzidos a partir de múltiplas comparações de médias, o ajuste de Bonferroni será utilizado posteriormente.

É importante ressaltar que a análise de variância *two-way* foi considerada para analisar os resultados deste estudo, no entanto, observou-se que os resultados obtidos não responderiam as questões desta pesquisa, portanto, optou-se por uma análise simples e objetiva (teste *t pareado* e anova *one-way*).

Figura 5: Desenho esquemático dos passos executados pelo script *recon-all* do *FreeSurfer*.

5 Resultados

Com o intuito de descrever o perfil dos três grupos de idosas envolvidos no presente estudo, no que diz respeito ao nível de atividade física (Baecke), estado mental (mini-mental), escolaridade, idade e o índice de massa corporal (IMC), o Quadro 5 apresenta o desempenho dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle (médias e desvios-padrão).

Quadro 5: Médias e desvio-padrão referentes ao perfil dos grupos quanto ao nível de atividade física (Baecke), estado mental (mini-mental), escolaridade, idade e IMC dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.

	Condicionamento Físico	Jogos	Controle	F	p_{ncor}
Baecke (escore)	5,42 ± 2,78	4,61 ± 2,81	4,25 ± 1,41	0,792	0,460
Mini-mental (escore)	28,23 ± 2,42	27,42 ± 2,02	27,76 ± 2,27	0,433	0,652
Escolaridade (anos)	13,46 ± 2,90	11,92 ± 3,07	13,30 ± 2,95	1,094	0,346
Idade (anos)	64,07 ± 3,14	67,92 ± 3,75	67,69 ± 4,78	3,946	0,028
IMC (Kg/m ²)	26,96 ± 6,61	28,52 ± 4,87	28,25 ± 5,53	0,282	0,756

P_{ncor}: valor de significância não corrigido

A anova não detectou diferenças significantes entre os três grupos para o nível de atividade física (Baecke; p_{ncor}=0,460), o estado mental (mini-mental; p_{ncor}=0,652), escolaridade (p_{ncor}=0,346) e IMC (p_{ncor}=0,756). Embora as participantes tenham sido distribuídas entre os grupos de forma aleatória, observou-se uma diferença significativa entre a idade dos grupos (p_{ncor}=0,028). Sendo assim, o teste *post hoc* de Tukey identificou que o grupo Condicionamento Físico é mais jovem que o grupo Jogos (p_{ncor}=0,041). Entretanto, quando os valores de *p* foram corrigidos pelo procedimento de Bonferroni, não foi detectada diferença significativa na idade cronológica dos grupos (p_{cor}>0,05).

As análises descritivas e inferenciais relativas ao desempenho dos três grupos na bateria de testes de capacidade funcional, testes de equilíbrio e, também, as análises da estrutura cerebral antes e após o período de intervenção serão apresentados a seguir. O Anexo XIV apresenta os Quadros referentes às médias e desvios-padrão, além dos valores da análise estatística, correspondentes ao desempenho dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.

5.1 Análise descritiva e inferencial do desempenho na bateria de testes de capacidade funcional e testes de equilíbrio, antes e após o período de intervenção dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.

A Figura 6 apresenta o desempenho médio e desvio-padrão (número de repetições) dos três grupos na força de membros inferiores (MMII) (6A) e força de membros superiores (MMSS) (6B), antes e após o desenvolvimento dos programas.

Figura 6: Médias e desvios-padrão referente ao desempenho nos testes de força de MMII (6A) e força de MMSS (6B), dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.

Como se pode observar na Figura 6A, no que diz respeito à força de MMII, o grupo Controle manteve seu desempenho ao longo das 14 semanas, enquanto que ambos os grupos experimentais apresentaram escores superiores nesse mesmo período. Entretanto, esse comportamento não foi confirmado pela análise inferencial, pois o *teste-t* pareado não identificou diferença significativa no desempenho pré-pós

para os grupos Condicionamento Físico [$t(12)=-1,543$; $p_{\text{ncor}}=0,149$], Jogos [$t(12)=-1,142$; $p_{\text{ncor}}=0,274$] e Controle [$t(12)=0,096$; $p_{\text{ncor}}=0,925$]. Portanto, os grupos não apresentaram desempenho superior no que diz respeito à força de MMII, após o período de intervenção. A anova *one-way* referente aos deltas de desempenho também não mostrou efeito de grupo ($p_{\text{ncor}} > 0,05$), indicando que os três grupos não modificaram o desempenho relativo à força de MMII, após as 14 semanas de intervenção.

No que diz respeito à força de MMSS, pode-se observar na Figura 6B, que ambos os grupos experimentais aumentaram seu desempenho, enquanto o grupo Controle o manteve. A análise descritiva foi confirmada pelo teste-t pareado, pois houve aumento significativo no desempenho, tanto do programa Condicionamento Físico [$t(12)=-4,634$; $p_{\text{ncor}}=0,001$], quanto Jogos [$t(12)=-2,912$; $p_{\text{ncor}}=0,012$], enquanto que o grupo Controle não apresentou esta diferença [$t(12)=-0,370$; $p_{\text{ncor}}=0,718$].

A análise de variância *one-way* identificou diferença significativa entre os grupos ($p_{\text{ncor}}=0,030$), que foi localizado pelo *post hoc* de Tukey entre o grupo Condicionamento Físico e Controle ($p_{\text{ncor}}=0,035$). A análise inferencial indica, portanto, que apenas os grupos que praticaram exercício físico melhoraram de forma significativa seu desempenho no teste de força de MMSS, após as 14 semanas de exercícios físicos. Além disso, o desempenho obtido pelas participantes do programa Condicionamento Físico é significativamente maior que o obtido pelo grupo Controle.

A Figura 7 apresenta o desempenho médio e desvio-padrão (cm) dos três grupos na flexibilidade de MMII (7A) e MMSS (7B), antes e após o desenvolvimento dos programas de exercício físico.

Figura 7: Médias e desvios-padrão referente ao desempenho nos testes de flexibilidade de MMII (7A) e MMSS (7B), dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.

Como se pode observar no que diz respeito à flexibilidade de MMII, o grupo Controle manteve o desempenho, entretanto ambos os grupos experimentais apresentaram desempenho superior. A análise inferencial confirmou a análise descritiva, pois detectou diferença de desempenho significativa nos grupos Condicionamento Físico [$t(12)=-3,717$; $p_{\text{ncor}}=0,003$] e Jogos [$t(12)=-3,765$; $p_{\text{ncor}}=0,002$], não demonstrando o mesmo para o grupo Controle [$t(12)=-0,117$; $p_{\text{ncor}}=0,908$].

A *anova-one-way* apresentou diferença significativa entre os grupos ($p_{\text{ncor}}=0,012$), que foi localizado pelo *post hoc* de Tukey entre o grupo Condicionamento Físico e Controle ($p_{\text{ncor}}=0,010$), indicando que embora os dois grupos que praticaram exercícios tenham aumentado seu desempenho, este ganho se diferiu de forma significativa apenas entre o grupo Condicionamento Físico e Controle.

Em relação à flexibilidade de MMSS, pode-se observar na Figura 7B, que apenas o grupo Condicionamento Físico teve uma melhora discreta, enquanto os grupos Jogos e Controle apresentaram desempenho inferior. No entanto, esta análise não foi confirmada pelo *teste-t pareado*, pois não houve mudança significativa em nenhum dos grupos: Condicionamento físico [$t(12)=-0,201$; $p_{\text{ncor}}=0,844$], Jogos [$t(12)=0,622$; $p_{\text{ncor}}=0,545$] e Controle [$t(12)=1,586$; $p_{\text{ncor}}=0,139$]. A *anova-one-way* também não identificou diferença significativa relativa à diferença de desempenho

pré-pós (delta) dos grupos ($p_{ncor} > 0,05$) e, portanto, não houve mudança significativa em nenhum grupo, no que diz respeito à flexibilidade de MMII.

A Figura 8 apresenta o desempenho médio e desvio-padrão [tempo (s) e distância (m)] dos três grupos na agilidade/equilíbrio dinâmico (8A) e capacidade aeróbia (8B), antes e após o desenvolvimento dos programas de exercícios físicos.

Figura 8: Médias e desvios-padrão referente ao desempenho nos testes de agilidade/equilíbrio dinâmico (8A) e de capacidade aeróbia (8B), dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.

Na Figura 8A é possível observar que todos os grupos apresentaram desempenho superior no teste de agilidade/equilíbrio dinâmico, incluindo o grupo Controle. Esse resultado foi confirmado em parte pela análise inferencial, pois o *teste-t pareado* apontou diferença significativa apenas para o grupos Condicionamento Físico [$t(12)=8,704$; $p_{ncor}=0,000$] e Jogos [$t(12)=4,161$; $p_{ncor}=0,001$], não apresentando o mesmo para o grupo Controle [$t(12)=2,072$; $p_{ncor}=0,060$]. Sendo assim, infere-se mais uma vez, que apenas os grupos que praticaram exercícios físicos apresentaram desempenho superior no teste de agilidade/equilíbrio dinâmico, após as 14 semanas de exercícios físicos. A análise de variância *one-way* dos deltas detectou diferença entre os grupos ($p_{ncor}=0,001$), que foi localizado pelo *post hoc* de Tukey entre o Condicionamento Físico e Controle, indicando que a mudança verificada no grupo Condicionamento Físico foi significativamente maior que a do Controle.

Como se pode observar na Figura 8B, os três grupos melhoraram o desempenho no teste de capacidade aeróbia. No entanto, esse resultado não foi

confirmado pela análise inferencial, pois apenas grupo Jogos apresentou diferença estatisticamente significativa [$t(12)=-2,265$; $p_{\text{cor}}=0,041$], ao contrário dos grupos Condicionamento Físico [$t(12)=-1,270$; $p_{\text{cor}}=0,228$] e Controle [$t(12)=-1,020$; $p_{\text{cor}}=0,328$], que não apresentaram o mesmo resultado.

Entretanto, quando a diferença de desempenho pré-pós (delta) dos três grupos é analisada em conjunto por meio da análise de variância *one-way*, não foi encontrada diferença significativa entre os grupos ($p_{\text{cor}}>0,05$).

A Figura 9 apresenta o desempenho médio e desvio-padrão (s) dos três grupos no teste de equilíbrio pé direito olho aberto (9A), equilíbrio pé direito olho fechado (9B), equilíbrio pé esquerdo olho aberto (9C) e equilíbrio pé esquerdo olho fechado (9D), antes e após o desenvolvimento dos programas de exercícios físicos.

Figura 9: Médias e desvios-padrão referente ao desempenho nos testes de equilíbrio pé direito olho aberto (9A), equilíbrio pé direito olho fechado (9B), equilíbrio pé esquerdo olho aberto (9C) e equilíbrio pé esquerdo olho fechado (9D), dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.

Como se pode observar na Figura 9A, apenas os grupos experimentais apresentaram desempenho superior no teste de equilíbrio pé direito olho aberto, após o período de intervenção. Entretanto, de acordo com o *teste-t pareado*, esta mudança se deu de forma estatisticamente significativa apenas no grupo Jogos [$t(12)=-3,865$; $p_{ncor}=0,002$], ao passo que no grupo Condicionamento Físico [$t(12)=-1,162$; $p_{ncor}=0,268$] e Controle [$t(12)=1,115$; $p_{ncor}=0,287$] esta diferença de desempenho não demonstrou ser estatisticamente significativa. No que diz respeito à diferença de desempenho pré-pós (delta), a anova *one-way* não demonstrou haver diferença significativa entre os grupos ($p_{ncor}>0,05$) após o período de 14 semanas.

Quando se observa o comportamento dos grupos ilustrado na Figura 9B, relativo ao teste de equilíbrio pé direito olho fechado, nota-se que ambos os grupos experimentais apresentaram desempenho superior, enquanto o grupo Controle apresentou uma queda de performance. No entanto, o *teste-t pareado* que compara o desempenho pré-pós do programa de intervenção em cada grupo, não indicou diferença significativa nos três grupos: Condicionamento Físico [$t(12)=-2,088$; $p_{ncor}=0,059$], Jogos [$t(12)=-1,349$; $p_{ncor}=0,200$] e Controle [$t(12)=2,719$; $p_{ncor}=0,019$]. Portanto, nenhum dos grupos apresentou mudança de desempenho estatisticamente significativa após as 14 semanas de intervenção. A anova *one-way* relativa à diferença de desempenho, mais uma vez, não apresentou diferença significativa em relação aos grupos ($p_{ncor}>0,05$).

O desempenho dos grupos apresentado na Figura 9C mostra que o desempenho no teste de equilíbrio pé esquerdo olho aberto foi superior nos grupos experimentais. No entanto, o *teste-t pareado* aponta diferença significativa de desempenho apenas para o grupo Condicionamento Físico [$t(12)=-3,189$; $p_{ncor}=0,008$] e não indica o mesmo para o grupo Jogos [$t(12)=-1,351$; $p_{ncor}=0,200$] e grupo Controle [$t(12)=1,102$; $p_{ncor}=0,292$].

A análise de variância *one-way* não apresentou diferença estatisticamente significativa quanto às mudanças dos grupos ($p_{ncor}>0,05$) neste teste, indicando que a mesmo após as 14 semanas de intervenção, não há indicativo de que os grupos modificaram o desempenho de forma distinta.

É possível observar na figura 9D, que todos os grupos melhoraram o desempenho no que diz respeito ao teste de equilíbrio pé esquerdo olho fechado.

Porém, o teste-*t* pareado confirma esta mudança apenas para o grupo Jogos [$t(12)=-2,240$; $p_{\text{ncor}}=0,043$], pois a variação encontrada no programa Condicionamento Físico [$t(12)=-0,580$; $p_{\text{ncor}}=0,572$] e grupo Controle [$t(12)=-0,704$; $p_{\text{ncor}}=0,495$] não demonstraram ser significantes.

A *anova one-way* não indicou diferença entre os grupos ($p_{\text{ncor}} > 0,05$), relativamente à mudança de desempenho no teste de equilíbrio pé direito olho fechado, após o período de intervenção. Isto mostrou que se houve alguma alteração, ela não se deu de maneira distinta entre os grupos estudados.

Entretanto, quando a correção de Bonferroni é aplicada, ou seja, quando o nível de rigor é elevado, o grupo Condicionamento Físico apresentou incremento significativo apenas no desempenho do teste de força de MMSS [$t(12)=-4,634$; $p_{\text{cor}}=0,010$], flexibilidade de MMII [$t(12)=-3,717$; $p_{\text{cor}}=0,030$] e agilidade/equilíbrio dinâmico [$t(12)=8,704$; $p=0,000$]. O grupo Jogos apresentou desempenho superior estatisticamente significativo nos testes de Flexibilidade de MMII [$t(12)=-3,765$; $p_{\text{cor}}=0,020$], agilidade/equilíbrio dinâmico [$t(12)=4,161$; $p_{\text{cor}}=0,010$] e equilíbrio pé direito olho aberto [$t(12)=-3,865$; $p_{\text{cor}}=0,020$]. Conforme esperado, o grupo Controle não modificou o desempenho de nenhum dos testes realizados ($p > 0,05$), indicando que apenas os grupos que praticaram exercícios físicos obtiveram melhoras significantes de performance.

Em relação a *anova one-way* dos deltas em todos os testes, que pretende verificar se a mudança no desempenho dos testes foi distinta entre os grupos após o período de 14 semanas, houve diferença significativa apenas entre os programas Condicionamento físico e Controle, no que diz respeito à força de MMSS ($p_{\text{cor}}=0,030$), flexibilidade de MMII ($p_{\text{cor}}=0,012$) e agilidade/equilíbrio dinâmico ($p_{\text{cor}}=0,001$). Estes resultados são um indicativo de que os ganhos obtidos pelo grupo Condicionamento Físico se diferiram apenas do grupo Controle.

O Quadro 6 apresenta os resultados referentes às médias e desvio-padrão do desempenho na bateria de testes funcionais e testes de equilíbrio, dos grupos experimentais e grupo Controle.

Quadro 6: Médias e desvios-padrão referentes ao desempenho na bateria de testes de capacidades funcionais e testes de equilíbrio dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle.

Teste	Momento	Condicionamento Físico	Jogos	Controle
Força de MMII (repetições)	Pré	17,15 ± 4,81	18,71 ± 4,46	15,92 ± 3,95
	Pós	19,15 ± 3,63	20,07 ± 4,08	15,85 ± 3,44
Força de MMSS (repetições)	Pré	19,46 ± 3,97	20,79 ± 5,06	19,31 ± 4,68
	Pós	25,08 ± 5,14	25,50 ± 6,28	19,77 ± 4,94
Flexibilidade de MMII (cm)	Pré	-4,00 ± 6,11	-1,57 ± 5,63	1,77 ± 6,06
	Pós	2,31 ± 7,66	2,75 ± 6,35	1,92 ± 4,29
Flexibilidade de MMSS (cm)	Pré	-1,54 ± 10,02	-3,93 ± 6,28	-7,73 ± 9,77
	Pós	-1,23 ± 8,63	-4,71 ± 8,27	-10,00 ± 9,05
Agilidade/Equilíbrio dinâmico (s)	Pré	573,31 ± 91,55	603,07 ± 64,65	597,31 ± 62,34
	Pós	451,00 ± 86,25	508,71 ± 82,19	572,38 ± 70,38
Capacidade Aeróbia (m)	Pré	546,92 ± 84,54	488,91 ± 83,59	491,31 ± 56,23
	Pós	570,38 ± 48,76	546,34 ± 57,55	507,83 ± 48,27
Equilíbrio pé direito olho aberto (s)	Pré	23,29 ± 13,06	13,52 ± 11,14	14,37 ± 13,36
	Pós	49,54 ± 83,75	28,01 ± 16,77	12,40 ± 11,70
Equilíbrio pé direito olho fechado (s)	Pré	4,20 ± 2,55	3,36 ± 1,57	4,66 ± 3,26
	Pós	5,94 ± 3,45	7,21 ± 11,12	3,19 ± 2,32
Equilíbrio pé esquerdo olho aberto (s)	Pré	20,52 ± 14,10	13,81 ± 13,28	16,31 ± 17,24
	Pós	30,14 ± 18,00	20,14 ± 16,94	13,76 ± 15,94
Equilíbrio pé esquerdo olho fechado (s)	Pré	3,98 ± 2,06	2,86 ± 1,58	3,04 ± 1,77
	Pós	4,45 ± 2,44	5,33 ± 3,94	3,79 ± 4,50

5.2 Análise da espessura cortical e volume de estruturas relacionadas a áreas motoras e de aprendizagem dos grupos Condicionamento Físico, Jogos e Controle

5.2.1 Análise da ressonância magnética (RM) baseada em superfície

O processamento de cada conjunto de dados consumiu 33 horas de CPU, totalizando cerca de 2640 horas de processamento (110 dias de CPU). Todos os

dados foram processados no mesmo CPU, localizado no Instituto de Radiologia, do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo. Foi possível realizar o processamento de mais de uma participante ao mesmo tempo, o que reduziu em parte esse tempo total de processamento das imagens.

Analisou-se a espessura cortical dos dois grupos que praticaram exercícios físicos, comparados ao grupo Controle, utilizando o método descrito por FISCHL, SERENO e DALE (1999). Foi estabelecido um valor de significância de $p < 0,05$.

A primeira análise realizada teve o objetivo de verificar se houve mudança na espessura cortical de cada um dos grupos, após as 14 semanas de intervenção. Para isso, o programa QDEC realizou um *teste-t pareado*, para cada um dos grupos, e não foi possível observar diferença significativa quanto ao espessamento do córtex das áreas analisadas, dos três grupos avaliados.

Com o intuito de comparar as possíveis mudanças entre os grupos, após a aplicação dos programas, o QDEC aplicou uma anova *one-way* sobre os deltas (pós-pré). Não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos. Os valores de significância (p), bem como os valores dos testes (F e t) não foram apresentados porque o programa realiza esta análise ponto a ponto, de todas as regiões do cérebro, o que geraria uma lista de valores excessivamente longa e, por isso, geralmente não é apresentada em estudos semelhantes.

Em nenhuma destas análises realizadas foi possível verificar alteração na espessura cortical, de qualquer área cerebral dos grupos estudados. Portanto, não é possível afirmar que houve modificação quanto ao espessamento cortical das participantes que praticaram exercícios físicos, ou do grupo Controle, tampouco assegurar que houve modificação distinta entre os grupos.

5.2.2 Análise da RM baseada em volume de estruturas corticais e subcorticais

Para análise da volumetria foram selecionadas 23 áreas cerebrais, entre áreas motoras e áreas relacionadas à aprendizagem, de ambos os hemisférios, nas estruturas corticais e subcorticais: Giro pré-central; Giro subcentral; Sulco central;

Sulco pré-central porção inferior; Sulco pré-central porção superior; Córtex cerebelar; Tálamo; Caudado; Putamem; Globo Pálido; Hipocampo; Amígdala; Tronco encefálico; Giro frontal inferior porção opercular; Giro frontal inferior porção orbitária; Giro frontal inferior porção triangular; Giro frontal médio; Giro frontal superior; Sulco frontomarginal; Giro angular; Giro supramarginal; Lóbulo parietal superior e; Giro pós-central.

Com o intuito de verificar se houve alteração na volumetria de alguma estrutura cortical ou subcortical comparando o resultado pré e pós período de intervenção, aplicou-se o *teste-t pareado* em cada um dos grupos. Foi verificado no grupo Condicionamento Físico um aumento significativo no volume do córtex cerebelar direito [$t(12)=-2,651$; $p_{\text{ncor}}=0,021$] e no giro frontal inferior esquerdo (porção opercular) [$t(12)=-2,250$; $p_{\text{ncor}}=0,044$]. No entanto, houve uma diminuição no giro pós-central esquerdo [$t(12)=2,273$; $p_{\text{ncor}}=0,042$]. Desta forma, é possível afirmar que há evidência de que após as 14 semanas de treinamento, este programa de intervenção do grupo Condicionamento Físico exerceu efeito positivo sobre o córtex cerebelar direito e giro frontal inferior esquerdo (porção opercular), e efeito negativo sobre o volume do giro pós-central esquerdo.

Já o grupo Jogos obteve um incremento estatisticamente significativo no volume do giro subcentral esquerdo [$t(12)=-2,194$; $p_{\text{ncor}}=0,049$], córtex cerebelar esquerdo [$t(12)=-2,949$; $p_{\text{ncor}}=0,012$] e tálamo direito [$t(12)=-2,789$; $p_{\text{ncor}}=0,016$], indicando que há evidências de que após o período de intervenção, o grupo Jogos apresentou um aumento positivo no volume do giro subcentral esquerdo, córtex cerebelar esquerdo e tálamo direito. Por outro lado, o grupo Controle não demonstrou mudança no volume de nenhuma área cerebral após o período de 14 semanas.

No que diz respeito à análise de variância *one-way*, apenas no giro subcentral esquerdo foi encontrada diferença entre os grupos ($p_{\text{ncor}}=0,047$), que o *post hoc* de Tukey indicou que esta diferença se deu entre o grupo Condicionamento Físico e Jogos ($p_{\text{ncor}}=0,046$). Portanto, infere-se que a mudança no volume do giro subcentral esquerdo tenha se dado de forma distinta entre os dois programas que praticaram exercícios físicos, indicando que houve maior aumento no programa Jogos, quando comparado ao programa Condicionamento Físico.

Após a aplicação da correção de Bonferroni nos valores de significância dos resultados de volumetria não foi possível localizar nenhum efeito dos programas de exercícios físicos, nessas áreas cerebrais estudadas (Quadro 10, 11 e 12, Anexo XIV).

O mesmo ocorreu na análise de variância *one-way* dos deltas, que não mostrou evidências de diferenças nas alterações do volume das áreas cerebrais selecionadas após as 14 semanas, entre os grupos estudados (Quadro 13, Anexo XIV). Portanto, não é possível afirmar que o volume das áreas corticais e subcorticais selecionadas foram afetados de formas distintas, em função do tratamento recebido pelos programas.

6 Discussão

Considerando que o objetivo desse estudo foi verificar os efeitos de dois programas de exercícios físicos nas estruturas cerebrais e capacidades motoras de idosas, algumas questões podem ser levantadas a fim de nortear a discussão dos resultados da presente pesquisa:

- A) Houve mudança de desempenho nos testes da bateria de capacidade funcional e nos testes de equilíbrio estático, no grupo Condicionamento Físico e Jogos, após a participação nos programas distintos de exercícios físicos? O grupo Controle apresentou alterações?
- B) Caso tenha havido mudança de desempenho nos testes de capacidade funcional e de equilíbrio estático, a mudança se deu de forma distinta entre os grupos estudados?
- C) Houve mudança na espessura cortical e no volume de áreas corticais e subcorticais, nos grupos que praticaram exercícios físicos e no grupo Controle, após o período de 14 semanas?
- D) Se houve alteração na estrutura cerebral, a alteração foi diferente entre os grupos?

O grupo Condicionamento Físico, após as 14 semanas de intervenção, obteve melhora significativa no desempenho dos testes de força de MMSS, flexibilidade de MMII e de agilidade/equilíbrio dinâmico. No entanto, não apresentou mudanças nos testes de força de MMII, flexibilidade de MMSS, capacidade aeróbia e nos testes de equilíbrio.

Particularmente em relação ao teste de força de MMSS, o grupo Condicionamento Físico apresentou um desempenho em um nível qualitativamente superior, após as 14 semanas de participação no programa de exercícios físicos,

equivalente a 28,87%. Este aumento de desempenho é desejado, sobretudo para população idosa, que apresenta uma tendência à diminuição desta capacidade com o passar dos anos e que pode ser agravada com o comportamento sedentário.

Os estudos de CAVANI et al. (2002) e de THOMPSON e OSNESS (2004) corroboram esta evidência, revelando efeitos semelhantes em população da mesma faixa etária, ainda que este último tenha sido realizado somente com homens. Portanto, era esperado que após o período de treinamento, o desempenho nesse teste apresentasse um incremento, pois exercícios específicos de força para MMSS faziam parte da prescrição desse grupo. Desta forma, é possível afirmar que os resultados obtidos pelo grupo Condicionamento Físico, no que se refere à força de MMSS, apresentaram uma mudança de performance positiva após a intervenção.

Os resultados deste estudo demonstraram também que o desempenho no teste de flexibilidade de MMII desse mesmo grupo, após a participação no programa, revelou o efeito positivo do treinamento. O grupo passou de um desempenho médio de -4cm para 2,32cm, resultado que está de acordo com o demonstrado por FELAND et al. (2001a) e UENO et al. (2000), em que efeitos semelhantes foram observados após o treinamento específico de flexibilidade, em homens e mulheres idosas. Além disso, quando se comparam os resultados de desempenho médios deste grupo com os da população feminina norte-americana da mesma faixa etária (RIKLI & JONES, 1999a), surge um dado importante, pois as participantes saíram da zona de risco para a de normalidade. Isto confirma que embora esta população apresente uma tendência à redução da flexibilidade de MMII, ainda tem mantida a capacidade de responder positivamente ao treinamento desta capacidade.

Atividades que requerem rápida movimentação no espaço, ou mudança repentina de direção podem ser realizadas com mais dificuldade com o avanço da idade e, dada a sua importância, parece relevante observar que o programa Condicionamento Físico melhorou 21,29% no desempenho do teste de agilidade/equilíbrio dinâmico. Estudos como o de PHILLIPS, BROMAN, BURKETT e SWAN (2001) e CAVANI et al. (2002) encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo, no entanto não corroboram os de SHIDELER, SWARTZ, MICHEL e SCHULTE (2007), que não verificaram mudança no desempenho deste teste após a aplicação de um programa de treinamento de 12 semanas de duração. Ainda que

não tenha havido treinamento específico para o desenvolvimento da agilidade/equilíbrio dinâmico, infere-se que esta melhora tenha ocorrido em função da combinação do treinamento aeróbio e o treino de força, uma vez que estes os componentes também sejam solicitados neste teste.

Como dito anteriormente, o grupo Condicionamento Físico não obteve um incremento significativo no desempenho no teste de força de MMII, após o treinamento. Embora o grupo tenha tido uma performance superior em 11,66%, em relação ao início da intervenção, não foi possível detectar, estatisticamente, esta diferença. Estudos como o de CAPODAGLIO et al. (2005), CAPODAGLIO et al. (2007) e PAILLARD et al. (2004), que investigaram o efeito do treinamento de força de MMII na população idosa, encontraram melhoras de desempenho nos grupos estudados. No entanto, é importante ressaltar que nesses estudos foram exercitados apenas MMII, portanto a quantidade de exercícios foi maior e a especificidade do treinamento foi diferente do realizado no presente estudo. Além disso, os valores iniciais das participantes deste grupo, no desempenho deste teste em particular, em relação à população norte americana, revelavam um nível elevado de performance, indicando que as participantes partiram de um patamar considerado *ótimo*, no que se refere à força de MMII, embora tivessem relatado sedentarismo de pelo menos um ano. Este dado sugere que, provavelmente, a treinabilidade deste grupo fosse mais baixa, já que de início, as participantes apresentaram um nível mais elevado de performance do que o esperado para indivíduos sedentários.

Os resultados apresentados por este grupo, no que se refere à flexibilidade de MMSS não demonstraram incrementos significativos, o que não corrobora os estudos de GIROUARD e HURLEY (1995) e CAVANI et al. (2002). Acredita-se que as alterações positivas verificadas nesses estudos são consequência do volume de treinamento dedicado a esta capacidade. No estudo de GIROUARD e HURLEY (1995), a sessão de treinamento foi composta apenas por exercícios de flexibilidade, treinados 3 vezes por semana. Já no estudo de CAVANI et al. (2002), o tempo destinado ao treinamento de flexibilidade foi o dobro daquele do presente estudo, sugerindo que deva ser dedicada uma parte maior do programa ao treinamento desta capacidade.

Dada a importância da capacidade aeróbia para a manutenção da qualidade de vida, e levando em consideração que o avanço da idade tem efeito negativo sobre esta capacidade, diversos estudos investigaram o efeito do treinamento aeróbio nesta população, demonstrando que é possível incrementar esta capacidade mesmo com apenas 8 semanas de treinamento (PERINE et al., 2002; MORRIS et al., 2002; FATOUROS et al., 2004; MENSHIKOVA et al., 2006 & TORAMAN et al., 2004). Todavia, no presente estudo não foi possível verificar efeito positivo semelhante, mesmo após 14 semanas de treinamento. Sugere-se que embora grande parte da sessão de treinamento tenha sido dedicada a esta capacidade, a intensidade não foi rigorosamente controlada. O fato das participantes realizarem a caminhada, ou corrida, no mesmo espaço físico e em duplas, pode ter prejudicado o incremento da carga, pois as participantes, muitas vezes, conversavam durante a atividade e, embora os experimentadores as alertassem para aumentassem a velocidade, muitas não seguiam a instrução. Aliás, o fato do treinamento desenvolvido pelo presente estudo não ter sido conduzido no ambiente de laboratório de pesquisa, apresenta, por um lado, a dificuldade no controle de variáveis que influenciam o treinamento, por exemplo, a intensidade de treinamento. No entanto, por outro lado, há a possibilidade de aproximação das condições reais de um programa de intervenção.

Nos resultados referentes aos testes de equilíbrio, nas quatro condições experimentais, foi possível observar que o grupo Condicionamento Físico, após o período de intervenção, não demonstrou desempenho superior nesta capacidade funcional. O único incremento de performance observado foi no teste pé esquerdo olho aberto, que apenas foi detectado antes da aplicação da correção de Bonferroni. Este resultado pode ser explicado pela falta de especificidade do treinamento. Ao contrário dos trabalhos existentes na literatura, que apresentaram incremento do equilíbrio após a intervenção (LORD et al., 1995; DAY et al., 2002; TINETTI et al., 1994 e CAMPBELL et al., 1999) o treinamento de equilíbrio (estático ou dinâmico) não foi uma preocupação dos programas de intervenção desenvolvidos por este estudo, motivo que sugere a ausência de incrementos significativos nesta capacidade.

Após o período de intervenção, o grupo Jogos obteve incremento no desempenho dos testes de flexibilidade de MMII, agilidade/equilíbrio dinâmico e equilíbrio pé direito olho aberto. No entanto, não apresentou mudanças estatisticamente significantes no que se refere aos testes de força de MMII e MMSS, flexibilidade de MMSS, capacidade aeróbia e, também, nos demais testes de equilíbrio.

O desempenho superior verificado na flexibilidade de MMII deste grupo foi estatisticamente significativo, passando em média de -1,57 cm para 2,75 cm. Além da análise inferencial confirmar esta mudança positiva, os resultados deste grupo estavam, comparativamente ao desempenho médio da população feminina norte-americana da mesma idade média (RIKLI & JONES, 1999a), na faixa caracterizado como de risco. Posteriormente à aplicação do programa de intervenção, as participantes aproximaram-se da faixa *ótima* de desempenho. Isto sugere que, antes do início das sessões de treinamento, a treinabilidade do grupo era alta, permitindo obter uma resposta significativa ao estímulo aplicado, ainda que não tenha sido feito com a mesma intensidade e volume quando comparado ao grupo Condicionamento Físico.

O efeito positivo do treinamento de flexibilidade foi confirmado em outros estudos (FELAND et al., 2001; UENO et al., 2000). Nestes estudos, porém, o treinamento aplicado foi distinto do realizado na presente investigação, pois foram orientados especificamente para a melhora da flexibilidade de MMII, de maneira diretiva. Não foram encontrados trabalhos que investigaram o efeito de um programa, como o realizado pelo grupo Jogos, nas capacidades funcionais de idosos. Por esse motivo, a comparação direta dos resultados encontrados torna-se inviável, já que se teria de comparar resultados cujos tratamentos foram distintos. Mesmo assim, verificou-se que poucos estímulos para desenvolver a flexibilidade de MMII possibilitaram verificar efeito positivo nesta capacidade, no grupo Jogos.

O desempenho no teste de agilidade/equilíbrio dinâmico, deste grupo, melhorou em média 16%, que foi considerado estatisticamente significativo. Esta melhora de desempenho pode ter ocorrido em função de dois fatores: o primeiro pode estar relacionado ao treinamento específico de equilíbrio realizado neste programa, já que foram realizadas, ao longo das sessões, atividades que tinham por

objetivo o incremento tanto do equilíbrio estático, quanto dinâmico. Além disso, muitas das atividades desenvolvidas consistiram de jogos interativos que exigiram mudança rápida de direção, capacidade primordial exigida nesse teste. Desta forma, sugere-se que este incremento tenha ocorrido em função do contexto das aulas que foram, predominantemente, voltadas para atividades de equilíbrio dinâmico e estático.

A mesma justificativa pode ser dada para a melhora significativa de desempenho, deste grupo, no teste de equilíbrio pé direito olho aberto. Este incremento foi superior a 100%, sendo que a média inicial foi de 13,5 segundos e, após o período de intervenção, 28 segundos. O incremento do equilíbrio, seja estático ou dinâmico, é fundamental para a manutenção da qualidade de vida, pois acredita-se que as quedas são provocadas, em grande parte, por perda de equilíbrio ao se levantar ou durante a execução de algum movimento. As quedas são frequentes em pessoas de idades avançadas, em função das perdas sensoriais que ocorrem normalmente no processo de envelhecimento (VERGHESE, HOLTZER, LIPTON & WANG, 2009). Portanto, é desejável que a capacidade de se manter o equilíbrio seja mantida ao longo da vida. Estudos como o de LORD et al. (1995), DAY et al. (2002), TINETTI et al. (1994) e CAMPBELL et al. (1999) mostraram o efeito positivo da prática de exercícios físicos quando combinados com exercícios de equilíbrio, corroborando os resultados do presente estudo, mostrando que as participantes do grupo Jogos foram capazes de melhorar o seu desempenho neste teste. Assim como na agilidade/equilíbrio dinâmico, o incremento verificado no teste de equilíbrio estático pode ter ocorrido em função da prática de exercícios específicos voltados para a sua melhora.

Foi referido anteriormente que o grupo Jogos não apresentou mudanças estatisticamente significantes no desempenho nos testes de força de MMII e MMSS, flexibilidade de MMSS, capacidade aeróbia e nos testes de equilíbrio pé direito olho fechado e equilíbrio pé esquerdo olho aberto e fechado. No entanto, é desejável que a capacidade de realização de força tanto de MMII quanto de MMSS seja suficiente em qualquer fase da vida, sobretudo em idades mais avançadas em que efeitos deletérios das capacidades motoras se fazem notar. Com esta preocupação, diversos estudos investigaram o efeito de exercícios de força em pessoas idosas,

tendo verificado incremento significativos no desempenho de força e, portanto, o seu efeito positivo (CAPODAGLIO et al., 2005; CAPODAGLIO et al., 2007; PAILLARD et al., 2004; CAVANI et al., 2002; THOMPSON & OSNESS et al., 2004). No entanto, os resultados encontrados no presente estudo, não corroboram estes estudos, pois embora em média o grupo tenha incrementado em 7,3% na força de MMII e 22,7% na força de MMSS, a análise inferencial não foi capaz de detectar efeito estatisticamente significativo. Infere-se, portanto, que em função da falta de especificidade do treinamento realizado não foi possível demonstrar desempenho superior na capacidade de força de MMII ou de MMSS. Apesar de não apresentarem incrementos estatisticamente significantes, os valores de desempenho do grupo Jogos nos dois testes, quando comparados com a população feminina norte-americana da mesma faixa etária, alcançaram a faixa considerada *ótima* (RIKLI & JONES, 1999a). Considerando a força de MMSS, o desempenho médio final ultrapassou o limite máximo da ilustração gráfica esperado para esta população, indicando a excelência no desempenho destes testes, no grupo Jogos. Assim, especula-se que o nível de desempenho das participantes anteriormente à intervenção era de tal forma elevado, que seria necessário um estímulo muito superior ao oferecido para que fosse possível verificar incremento significativo.

A importância da flexibilidade de MMSS é justificada pela sua solicitação na realização das atividades da vida diária, porém o declínio inevitável desta capacidade ao longo do envelhecimento é um fato. Para tentar reduzir esta perda GIROUARD e HURLEY (1995) e CAVANI et al. (2002) afirmam que esta capacidade pode ser melhorada através da intervenção de exercícios físicos. Todavia, os resultados do presente estudo não corroboram estes achados, uma vez que não foi possível verificar um incremento no desempenho deste teste. Acredita-se que os incrementos significativos demonstrados nesses estudos ocorreram em função do volume e do treinamento específico de flexibilidade dos MMSS. Infere-se, portanto, que a ausência de resultado positivo deste estudo seja consequência da falta de especificidade do treinamento realizado ao longo das 14 semanas.

Apesar do incremento na capacidade aeróbia do grupo Jogos ter sido em torno de 12%, não foi constatada melhora estatisticamente significativa. Os estudos que apresentaram incremento na capacidade aeróbia de idosos realizaram

treinamentos específicos, geralmente em cicloergômetros e com o volume e carga de treinamento controlados (PERINE et al., 2002; MORRIS et al., 2002, FATOUROS et al., 2004, MENSHIKOVA et al., 2006 e TORAMAN et al., 2004). No entanto, não foi possível adotar protocolos de treinamento com este controle rigoroso e, embora se tivesse objetivado o incremento nas capacidades motoras, as atividades desenvolvidas foram diversificadas e, muitas vezes, não foi possível manter a frequência cardíaca das participantes num nível ótimo e durante o tempo necessário para que houvesse efeitos positivos nesta capacidade.

Os resultados do grupo Jogos no teste de equilíbrio estático com o pé esquerdo e olho aberto não apresentaram desempenho superior. Se analisados os valores médios iniciais (13,8s) e finais (20,1s), no desempenho deste teste, verifica-se que houve uma melhora de aproximadamente 46%, embora o teste estatístico aplicado não tenha identificado tal comportamento. Já relativamente aos testes na condição de olhos fechados, também não foi demonstrada melhora significativa.

Era esperado que os exercícios de equilíbrio desenvolvidos neste grupo proporcionassem uma transferência para o desempenho neste teste, todavia, DIETZ (2006) sugere que o sistema visual assume importância primordial no controle de ajustes posturais, mesmo em detrimento da contribuição do sistema vestibular, ajudando a justificar os resultados obtidos. De fato, acredita-se que para se desenvolver incrementos no equilíbrio, nesta condição de olhos fechados, terá de se dedicar uma atenção acrescida a este tipo de exercícios de forma específica, pois o sistema visual desempenha um papel preponderante na execução dessa habilidade.

Talvez pudesse ser argumentado que o procedimento de correção do valor de significância (Bonferroni) utilizado no presente estudo possa ter sido rigoroso. Caso esta opção não fosse considerada, particularmente com o grupo Jogos, os resultados indicariam uma tendência a um incremento de desempenho deste grupo nos testes de força de MMSS, de capacidade aeróbia e de equilíbrio pé esquerdo olho fechado. Estes resultados sugerem uma propensão para que este programa tenha promovido efeitos positivos na performance de algumas capacidades motoras, ainda que estas não tenham sido treinadas de forma direta.

Relativamente ao grupo Controle, verificou-se, como previsto, a ausência de qualquer mudança, revelada pela bateria dos testes funcionais e pelos testes de

equilíbrio. Este grupo, por ter ficado durante um período (14 semanas) sem praticar qualquer tipo de exercício físico, poderia ter apresentado uma resposta negativa, relativamente ao desempenho nos testes realizados. Esta inexistência de efeitos positivos e negativos foi confirmada pela análise inferencial, mesmo quando analisados os valores de significância sem a aplicação da correção de Bonferroni.

Portanto, a resposta à pergunta **A** pode ser respondida de forma positiva, ao menos *em parte*, pois o grupo Condicionamento Físico apresentou desempenho superior apenas nos testes de força de MMSS, flexibilidade de MMII e agilidade/equilíbrio dinâmico. Já o grupo Jogos apresentou um incremento nos testes de flexibilidade de MMII, agilidade/equilíbrio dinâmico e equilíbrio pé direito olho aberto. Em relação à segunda parte desta pergunta, a resposta é negativa, pois o grupo Controle não obteve incrementos em nenhum dos testes aplicados.

Considerando as respostas positivas do desempenho dos grupos que praticaram exercícios físicos em alguns testes funcionais e de equilíbrio estático, a resposta à pergunta **B**, que questiona se as mudanças foram distintas entre os grupos estudados, a resposta é novamente positiva apenas parcialmente. A comparação entre os grupos foi realizada testando-se se a variação de desempenho inicial e final, nos testes aplicados, foi estatisticamente significativa entre os grupos estudados. A análise inferencial apontou diferenças significantes entre grupos somente nos testes de força de MMSS, flexibilidade de MMII e agilidade/equilíbrio dinâmico, que foram localizadas somente entre o grupo Condicionamento Físico e Controle.

Este resultado indicou que as melhoras obtidas pelo grupo Condicionamento Físico, nos referidos testes, foram significativamente superiores que as do Controle. Apesar do grupo Jogos ter apresentado resultados favoráveis no desempenho de alguns testes, este incremento foi semelhante ao verificado no grupo Controle, mesmo este não tendo apresentado evoluções significativas do início para o final do estudo.

Sugere-se que o grupo Condicionamento Físico, por ter praticado exercícios físicos repetitivos, controlados e direcionados para o incremento das capacidades motoras, tenha apresentado respostas superiores nos testes, sendo, portanto, o único a se diferenciar do grupo Controle. No entanto, as mudanças

verificadas nos dois grupos experimentais não diferiram, sugerindo que a intervenção realizada no programa Jogos também foi efetiva para incrementar o desempenho em alguns testes. Assim, poderia ser especulado que, se o tempo de prática fosse estendido, este grupo poderia ter demonstrado resultados superiores.

Desta forma, parte dos resultados referente ao desempenho dos grupos experimentais, nos testes aplicados, confirmam que é possível obter efeito positivo com o modelo de intervenção tradicional, ou seja, aquele direcionado ao incremento das capacidades motoras. Mas, também, os resultados indicam que mesmo em um programa de intervenção cujo foco das atividades seja jogos interativos e prática de habilidades motoras complexas, pode promover efeito positivo nas capacidades motoras de praticantes idosos.

As diversas necessidades e preferências individuais dos idosos, em termos de exercício físico, sugerem que novos estudos sejam realizados com o intuito de investigar os possíveis efeitos de outros modelos de intervenção. Isto porque alguns indivíduos talvez não se identifiquem com atividades caracterizadas pela repetição de movimentos simples.

Em relação à questão **C**, que questiona se houve algum tipo de alteração na estrutura do cérebro após as 14 semanas de intervenção, os resultados das análises não revelaram mudanças estatisticamente significantes. Novamente, quando a análise inferencial é considerada sem que o valor de significância seja corrigido, a ausência de mudança no espessamento cortical permanece, no entanto, alguns resultados interessantes poderiam ser considerados no que se refere ao volume das áreas corticais e subcorticais e, por isso, optou-se por discutí-los brevemente, principalmente porque alguns estudos futuros poderiam considerar tais resultados.

Os trabalhos que investigaram o efeito da intervenção de exercício físico no cérebro ainda são em número reduzido e, embora não tenham sido encontrados estudos similares ao presente estudo, existem pesquisas que investigaram o efeito do treinamento do malabares tipo cascada de três bolas na espessura cortical de adultos (DRAGANSKI et al., 2004) e idosos (BOYKE et al., 2008). Depois do treinamento do malabares, ambos os grupos de indivíduos saudáveis que praticaram a habilidade demonstraram ter havido aumento do espessamento cortical de regiões

cerebrais com funções relacionadas diretamente com a habilidade treinada: percepção espacial e antecipação da trajetória do movimento (DRAGANSKI et al., 2004; BOYKE et al., 2008). Além disso, os participantes demonstraram, em termos qualitativo, desempenho superior na habilidade motora. Estes achados confirmam a capacidade plástica cerebral até mesmo em pessoas idosas, porém, resultados semelhantes não foram demonstrados no presente estudo.

Inferese-se que a plasticidade verificada nas áreas cerebrais específicas relacionada à habilidade praticada nos estudos de DRAGANSKI et al. (2004) e BOYKE et al. (2008) ocorreram em função do treinamento intensivo e volumoso de uma habilidade em particular que era desconhecida pelos participantes. Além disso, as mudanças verificadas podem ter ocorrido em função da habilidade praticada, que era prioritariamente realizada com os braços e mãos (extremidade corporal), que tem grande representatividade no cérebro, aumentando a probabilidade de promover modificações significativas, quando comparadas com as alterações provocadas pela prática de atividades que mobilizam estruturas proximais do corpo. Por esses motivos, acredita-se que a ausência de mudança no grupo Jogos, em particular, pode ter ocorrido em função de uma prática motora variada e de habilidades motoras grossas, que talvez não tenham sido repetidas com elevada frequência. O tempo de intervenção pode ser também um fator limitante, pois considerando que o cérebro do idoso tem uma capacidade plástica reduzida se comparada com adultos, um período prolongado de intervenção poderia promover aumentos significativos na espessura cortical.

No estudo de corte transversal, realizado por COLCOMBE et al. (2003), mostrou-se que idosos com níveis de VO_{2max} elevados apresentavam maiores volumes no cortex de áreas cerebrais como o lobo frontal, parietal e temporal. ERICKSON et al. (2009) verificaram o mesmo em relação ao volume do hipocampo. Nesta linha de investigação, COLCOMBE et al. (2006) demonstraram o efeito de diferentes tipos de exercícios físicos no cérebro de idosos: exercício aeróbico e exercícios de força e flexibilidade. Após o período de intervenção, verificaram que os idosos que realizaram exercícios aeróbicos demonstraram aumento no volume de áreas cerebrais, mais especificadamente nos lobos frontal e temporal, enquanto que o grupo que treinou força e flexibilidade não apresentou o mesmo efeito.

Os resultados do presente estudo e, particularmente, os do grupo Jogos, não corroboram os resultados apresentados por COLCOMBE et al. (2006). É possível que a ausência de efeito do exercício físico no cérebro verificada possa ter ocorrido em função do tempo dedicado somente à capacidade aeróbia, que no referido estudo foi de 1 hora e no presente estudo de 30 a 40 minutos. Além disso, a duração total dos estudos foi diferente, já que o tempo de participação do grupo Condicionamento Físico foi de 14 semanas, e no estudo de COLCOMBE et al. (2006) foi de 26 semanas. Um outro fator importante é que as participantes da presente pesquisa não obtiveram incremento na capacidade aeróbia medida pelo teste de caminhar seis minutos, enquanto que as participantes do referido estudo apresentaram um incremento dessa capacidade motora. Sugere-se, portanto, que a duração, intensidade e volume do treinamento realizado possa ser a causa da ausência de incremento na capacidade aeróbia e, também, no aumento da espessura cortical.

O aumento do espessamento e volume cortical foram verificados em estudos realizados com animais que foram submetidos a dois tipos de treinamento: aeróbio e ambiente enriquecido (SWAIN et al., 2003, BLACK et al., 1990; FEDERMEIER, 2002; KLINTSOVA et al., 1998; ANDERSON et al., 1996; KLINTSOVA et al., 1997). Foram encontradas evidências de que estes dois tipos de exercícios podem afetar tanto o cerebelo (SWAIN et al., 2003, BLACK et al., 1990; FEDERMEIER, 2002; KLINTSOVA et al., 1998; ANDERSON et al., 1996; KLINTSOVA et al., 1997; ANDERSON, 1996), quanto o cortex motor (ANDERSON et al., 2002; ADKINS et al., 2006). No entanto, há evidências de que o aumento de espessamento e de volume dos animais submetidos ao ambiente enriquecido foram em função do aumento de sinapses e, dependendo da região, neurogênese (hipocampo). Já o aumento de volume apresentado pelos grupos que fizeram treinamento forçado em esteira ocorreu em função da angiogênese.

Nenhum dos grupos apresentou modificação no espessamento e volumes corticais, contudo, quando se observam os resultados dos valores de significância sem a correção de Bonferroni, nota-se que as áreas que demonstraram resposta positiva aos treinamentos estão relacionadas com as regiões cerebrais que sofreram mudanças positivas nos estudos realizados com animais. Embora não se possa

afirmar que este resultado seja estatisticamente significativo, é interessante notar que há uma tendência à mudança em áreas motoras, como por exemplo, no cerebelo, cortex motor e tálamo.

Ambos os grupos experimentais apresentaram mudanças no cerebelo, que é responsável pelo controle motor e equilíbrio durante a realização dos movimentos corporais. Além dessa região, foi observada uma modificação no cortex motor do grupo Jogos (giro subcentral esquerdo) e Condicionamento Físico (giro frontal inferior), que é uma área fortemente afetada pelo processo de envelhecimento e, por isso, a minimização das perdas nessa área seria um indício positivo para a qualidade de vida. Por fim, apenas o grupo Jogos demonstrou efeito do exercício físico no tálamo, que tem como funções a integração sensorial e motora. Quando a correção sobre o valor de significância não é considerada, é possível observar uma tendência à mudança após a intervenção, no entanto, o fato desse resultado surgir apenas nessa condição, dúvidas relativamente às causas desse achado são levantadas, dificultando a interpretação da existência de uma relação direta com a intervenção realizada.

Assim, com relação à questão **D**, que questiona se a modificação se deu de maneira distinta entre os grupos, de acordo com os resultados do presente estudo, a resposta é negativa. A ausência desta diferença, provavelmente, ocorreu porque nenhum dos grupos apresentou mudança estatisticamente significativa após as 14 semanas de estudo. No entanto, considerando a possibilidade de investigações futuras, seria possível que diferenças nas modificações do volume no giro subcentral esquerdo (tendência observada entre os grupos Jogos e Condicionamento Físico) fossem observadas. Entretanto, não foram encontrados, na literatura, estudos que fazem menção à relação entre exercício físico e esta área específica do cérebro (giro subcentral). Acredita-se que esta região esteja relacionada à representação da língua, lábios, maxilares e palato. WILD et al. (2003) realizaram um experimento com ressonância magnética funcional e verificaram que esta região é mais ativada quando o indivíduo ouve uma risada, concluindo que está parcialmente ligada a expressão de riso. Com base nessas informações e nos resultados do presente estudo, não é possível fazer relação entre esta aparente diferença encontrada entre os dois grupos.

Os resultados da presente pesquisa indicaram uma tendência no sentido de que a prática de exercícios físicos, sejam relacionados à repetição de movimentos simples ou complexos, pode promover incrementos em determinadas áreas cerebrais de pessoas idosas. Este indicativo é interessante e promissor, sobretudo quando se parte do pressuposto de que ao longo do envelhecimento ocorrem perdas no volume de regiões do córtex cerebral que podem afetar funções importantes do organismo humano que comprometem a qualidade de vida. Estes achados sugerem que algumas mudanças podem ter ocorrido e que estas podem ocorrer frente a tratamentos distintos (programa de intervenção, porém são ainda necessários mais estudos que investiguem os efeitos de diferentes exercícios físicos em áreas cerebrais, principalmente em humanos. É fato que, pelo caráter invasivo da investigação de fatores que possam afetar o cérebro humano se apresentem limitações, no entanto, os avanços em neuroimagem têm proporcionado cada vez mais técnicas que permitem investigar este tipo de tecido biológico. Além disso, alguns estudos têm sido realizados com o intuito de aproximar resultados da neuroimagem com os da histologia, de forma que futuramente será possível maior aproximação entre essas duas ferramentas.

Tão importante quanto as mudanças estruturais, são as mudanças de funcionamento cerebral, pois estão relacionadas diretamente com o processamento cognitivo. Desta forma, estudos futuros podem investigar se indivíduos ativos, ou que foram submetidos à diferentes tipos de intervenção de exercícios físicos, apresentam diferentes padrões de ativação cerebral ou maneiras distintas de processamento cognitivo. É possível investigar, também, se o fluxo cerebral se modifica, após a prática de exercícios físicos. Este tipo de investigação pode ser realizada com uso da ressonância magnética funcional, durante a monitorização de determinada tarefa mental. É claro, entretanto, que este tipo de metodologia impõe limites na escolha do tipo de tarefa motora.

Finalmente, os resultados deste estudo devem ser interpretados levando em consideração as seguintes limitações: a) não foi possível incluir neste trabalho apenas as pessoas com IMC entre 20 e 29; b) ainda que se tenha tentado aleatorizar a amostra entre os grupos, algumas pessoas tiveram que fazer opção pelo horário de treinamento, não sendo possível aleatorizar por completo os grupos; c) em função da

natureza distinta de ambos os programas, não foi possível realizar um controle sobre a progressão da sobrecarga no grupo Jogos, da mesma forma que foi realizado no grupo Condicionamento Físico; d) não houve controle rígido sobre a intensidade dos exercícios executados durante as aulas de ambos os grupos; e) a maior parte das sessões de treinamento de ambos os grupos foram organizadas pela pesquisadora principal do presente estudo.

7 Conclusões

Considerando que o objetivo principal deste estudo foi verificar o efeito de dois programas de exercícios físicos nas estruturas cerebrais e capacidades motoras de idosas, os resultados do presente estudo permitem concluir que:

- 1) O grupo Condicionamento Físico foi efetivo para incrementar as capacidades motoras: força de MMSS, flexibilidade de MMII e agilidade/equilíbrio dinâmico.
- 2) O grupo Jogos foi capaz de promover melhoras na flexibilidade de MMII, agilidade/equilíbrio dinâmico e equilíbrio pé direito olho aberto.
- 3) O grupo Controle não apresentou mudanças significativas durante o período de 14 semanas.
- 4) Os grupos que praticaram exercícios físicos não diferiram entre si, entretanto houve diferença entre os grupos Condicionamento Físico e Controle nas capacidades motoras: força de MMSS, flexibilidade de MMII e agilidade/equilíbrio dinâmico.
- 5) Não houve alteração no que se refere à espessura do cortex cerebral e volume das áreas selecionadas.

8 Referências bibliográficas

- ACHOUR JUNIOR, A. **Flexibilidade de coluna/quadril em gêmeos, crianças e adolescentes, da cidade de Londrina-PR**. 1998. Dissertação (mestrado em Educação Física) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- ADKINS, D.L.; BOYCHUK, J.; REMPLE, M.S.; KLEIM, J.A. Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. **Journal of Applied Physiology**, v.101, n.6, p.1776-1782. 2006.
- ALMEIDA, O. The Mini-Mental State Examination and the Diagnosis of Dementia in Brazil. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v.56, n.3B, p.605-612, 1998.
- ALTER, M. J. **Ciência da flexibilidade**. 2ªed. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- AMARO, E.; YAMASHITA, H. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v.23, n.supl.1, p.2-3, 2001.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. (ACSM). Exercise and Physical Activity for Older Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 6, p.992-1008, 1998.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. (ACSM). **Guidelines for exercise testing and prescription**. 5ªed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- ANDERSON, B.J.; ALCANTARA, A.A.; & GREENOUGH, W.T. Motor-Skill Learning: Changes in synaptic organization of the rat cerebellar cortex. **Neurobiology of Learning and Memory**, v.66, n.2, p.221-229, 1996.
- ANDERSON, B.J.; ECKBURG, P.B.; RELUCIO, K.I. Alterations in the thickness of motor cortical subregions after motor-skill learning and exercise. **Learning & Memory**, v.9, p.1-9, 2002.
- ANDREOTTI, R. A. **Efeitos de um programa de Educação Física sobre as atividades da vida diária de idosos**. 1999. Dissertação. (Mestrado em Pedagogia do Movimento Humano) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ANSHEL, M.H. Effect of aging on acquisition and short-term retention of a motor skill. **Perceptual Motor Skills**, v.47, n.3, p.993-4, 1978.
- ANTUNES, H.K.M.; SANTOS, R.F.; CASSILHAS, R.; SANTOS, R.V.T; BUENO, O.F.A.; MELLO, M.T. Exercício físico e função cognitiva: Uma revisão. **Revista brasileira de medicina do esporte**, v.2, n. 2, p.108-114, 2006.
- BARBANTI, J. V. **Treinamento Físico - bases científicas**. 3ªed. São Paulo: CLR Balieiro, 2001.
- BARBANTI, V.J. **Dicionário de Educação Física e Esporte**. 2ªed. São Paulo: Manole, 2003.
- BARBANTI, V.J. **Teoria e Prática do Treinamento Esportivo**. 2ªed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- BENEDETTI, T.R.B.; GONÇALVES, L.T.; MOTA, J.A.P.S. Uma proposta de política pública de atividade física para idosos. **Revista Texto & Contexto Enfermagem**, v.16, p.387-398, 2007.
- BERG, K.O.; MAKI, B.E.; WILLIAMS, J.I.; HOLLIDAY, P.J.; WOOD-DAUPHINEE, S.L. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.73, n.11, p.1073-80, 1992.
- BLACK, J. E.; ISAACS, K. R.; ANDERSON, B.J.; ALCANTARA, A.A. & GREENOUGH, W.T. Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats.

Proceedings of National Academy of Science of the United States of America, v.87, n.14, p.5568–5572. 1990.

BOYKE, J.; DRIEMEYER, J.; GASER, C.; BÜCHEL, C. & MAY, A. Training-induced brain structure changes in the elderly. **Journal of Neuroscience**, v.28, n.28, p.7031-7035. 2008.

BRUCKI, S.M.D.; NITRINI, R.; CARAMELLI, P.; BERTOLUCCI, P.H.F.; OKAMOTO, I.H. Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v.61, n.3B, p.777-781, 2003.

BRUDNAK, M.A.; DUNDERO, D.; VAN HECKE, F.M. Are the 'hard' martial arts, such as the Korean martial art, TaeKwon-Do, of benefit to senior citizens? **Medical Hypotheses**, v.59, n.4, p.485–491, 2002.

CAMPBELL, A.J.; ROBERTSON, M.C.; GARDNER, M.M.; NORTON, R.N.; BUCHNER, D.M. Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older. **Age and Aging**, v.28, n.6, p.513-8, 1999.

CAMPBELL, A.J.; ROBERTSON, M.C.; GARDNER, M.M.; NORTON, R.N.; TILYARD, M.W.; BUCHNER, D.M. Randomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly women. **British Medical Journal**, v.315, n.7115, p.1065-9, 1997.

CAPODAGLIO, P.; CAPODAGLIO, E.M.; FERRI, A.; SCAGLIONI, G.; MARCHI, A.; SAIBENE, F. Muscle function and functional ability improves more in community-dwelling older women with a mixed-strength training programme. **Age and Ageing**, v.34, n.2, p.141-147, 2005.

CAPODAGLIO, P.; CAPODAGLIO, E.M.; FACIOLI, M.; SAIBENE, F. Long-term strength training for community-dwelling people over 75: Impact on muscle function, functional ability and life style. **European Journal of Applied Physiology**, v.100, n.5, p.535-542, 2007.

CARDOSO, S.H.; SABBATINI, R.M.E. Aprendizagem e mudanças no cérebro. **Brain & Mind**, n.11, 2000. Disponível em: < <http://www.cerebromente.org.br/n11/mente/eisntein/rats-p.html>>. Acesso em 9 jan. 2010.

CAREY, J.R.; BHATT, E.; NAGPAL, A. Neuroplasticity promoted by task complexity. **Exercise and Sports Science Reviews**, v.33, n.1, p.24–31, 2005.

CAREY, J.R.; KIMBERLEY, T.J.; LEWIS, S.M.; AUERBACH, E.J.; DORSEY, L.; RUNDQUIST, P. & UGURBIL, K. Analysis of fMRI and finger tracking training in subjects with chronic stroke. **Brain**, v.125, n.4, 773-788, 2002.

CARVALHO, C.O. Desenvolvimento da força nas crianças e jovens e sua treinabilidade. **Revista Treino Desportivo**, n.1, p.29-36, 1998.

CARVALHO, J.A.M.; GARCIA, R.A. O envelhecimento da população brasileira: um enfoque demográfico. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19, n.3, p.725-733, 2003.

CAVANI, V.; MIER, C.M.; MUSTO, A.A.; TUMMERS, N. Effects of a 6-week resistance-training Program on functional fitness of older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.10, p.443-452, 2002.

CECH, D.; MARTIN, S. **Functional movement development across the life span**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1995.

CHODZKO-ZAJKO, W. J.; MOORE, K.A.; Physical fitness and cognitive functioning in aging. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.22, p.195-220, 1994.

CHODZKO-ZAJKO, W.J. Physical fitness, cognitive performance, and aging. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.23, p.868-72, 1991.

CHODZKO-ZAJKO, W.J.; PROCTOR, D.N.; FIATARONE SINGH, M.A.; MINSON, C.T.; NIGG, C.R.; SALEM, G.J.; SKINNER, J.S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.41, n.7, p.1510-30, 2009.

CHURCHILL, J.D.; GALVEZ, R.; COMCOMBE, S.; SWAIN, R.A.; KRAMER, A.F.; GREENOUGH, W.T. Exercise, experience and the aging brain. **Neurobiology of Aging**, v.23, n.5, p.941-55, 2002.

CLASSEN, J.; LIEPERT, J.; WISE, S.P.; HALLETT, M.; COHEN, L.G. Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. **Journal of Neurophysiology**, v.79, p.1117-1123, 1998.

COLCOMBE, S.J.; ERICKSON, K.I.; SCALF, P.E.; KIM, J.S.; PRAKASH, R.; MCAULEY, E.; ELAVSKY, S.; MARQUEZ, D.X.; HU, L. & KRAMER, A.F. Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. **Journal of Gerontology**, v.61, n.11, p.1166-1170, 2006.

COLL, C.; POZO, J.; SARÁBIA, B.; VALLS, E. **Os conteúdos da reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

COTMAN, C.W.; ENGESSER-CESAR, C. Exercise Enhances and Protects Brain Function. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.30, n.2, p.75-79, 2002.

COVOLAN, R.; ARAÚJO, D.B.; SANTOS, A.C.; CENDES, F. Ressonância magnética funcional: as funções do cérebro reveladas por spins nucleares. **Ciência e Cultura**, v. 56, n.1, p.40-2, 2004.

DALE, A.M.; FISCHL, B.; SERENO, M.I. Cortical surface-based analysis. I. Segmentation and surface reconstruction. **Neuroimage**, v.9, n.2, p.179-94, 1999.

DAY, L.; FILDES, B.; GORDON, I.; FITZHARRIS, M.; FLAMER, H.; LORD, S. Randomised factorial trial of falls prevention among older people living in their own homes. **British Medical Journal**, v.325, n.7356, p.128, 2002.

DERKSEN, M.J.; WARD, N.L.; HARTLE, K.D.; IVANCO, T.L. MAP2 and synaptophysin protein expression following motor learning suggests dynamic regulation and distinct alterations coinciding with synaptogenesis. **Neurobiology of Learning and Memory**, v.87, p.404-415, 2007.

DIAMOND, M.C. Response of the brain to enrichment. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v.73, n.2, p.211-220, 2001.

DIETZ, V. Controle neural do movimento funcional. In: KOMI, P.V. **Força e Potência no Esporte**. Porto Alegre: Artmed, 2006. cap.2, p.25-40.

DRAGANSKI, B.; GASERT, C.; BUSH, V.; SCHUIERERT, G.; BOGAHN, U.; MAY, A. Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training. **Nature**, v.427, n.6972, 2004.

ELBERT, T.; PANTEV, C.; WIENBRUCH, C.; ROCKSTROH, B.; TAUB, E.; Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. **Science**, v.270, n.5234, p.305-307, 1995.

ELSAYED, M.; ISMAIL, A.H.; YOUNG, R.J.; Intellectual differences of adult men related to age and physical fitness before and after an exercise program. **Journal of Gerontology**, v.35, p.383-7, 1980.

ERA, P.; SCHROLL, M.; YTTING, H.; GAUSE-NILSSON, I.; HEIKKINEN, E.; STEEN, B. Postural balance and its sensory-motor correlates in 75-year-old men and women: a cross-national comparative study. **Journal of gerontology**, v.51A, n.2, p.M53-63, 1996.

ERA, P.; JOKELA, J.; HEIKKINEN, E. Reaction and movement times in men of different ages. A population survey. **Perceptual & Motor Skills**, v. 63, n.1, p.11-130, 1986.

ERICKSON, K.I.; PRAKASH, R.S.; VOSS, M.W.; CHADDOCK, L.; HU, L.; MORRIS, K.S.; WHITE, S.M.; WÓJCICKI, T.R.; MCAULEY, E.; KRAMER, A.F. Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. **Hippocampus**, v.19, n.10, p.1030-1039, 2009.

ERIKSSON, P.S.; PERFILIEVA, E.; BJÖRK-ERIKSSON, T.; ALBORN, A.M.; NORDBORG, C.; PETERSON, D.A.; GAGE, F.H. Neurogenesis in the adult human hippocampus. **Nature Medicine**, v.4, n.11, p.1313-17, 1998.

ETNIER, J.L.; SALAZAR, W.; LANDERS, D.M.; PETRUZZELLO, S.J.; HAN, M.; NOWELL, P. The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: a meta-analysis. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v.19, p.249-74, 1997.

FARINATTI, P.T.V. Teorias biológicas do envelhecimento: do genético ao estocástico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.8, n.4, p.129-138, 2002.

FATOUROS, G.L.; JAMURTAS, Z.A.; VILLIOTOU, V.; POULIOPOULOU, S.; FOTINAKIS, P.; TAXILDARIS, K.; DELICONSTANTINOS, G. Oxidative stress responses in older men during endurance training and detraining. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.36, n.12, p.2065-2072, 2004.

FEDERMEIER, K.D.; KLEIM, J.A.; GREENOUGH, W.T. Learning-induced multiple synapse formation in rat cerebellar cortex. **Neuroscience letters**, v. 332, n.3, p.180-184, 2002.

FELAND, J.B.; MYRER, J.W.; MERRILL, R.M. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. **Physical Therapy in Sport**, v. 2, n.4, p.186-193, 2001b.

FELAND, J.B.; MYRER, J.W.; SCHULTHIES, S.S.; FELLINGHAM, G.W.; MEASOM, G.W. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. **Physical Therapy**, v. 81, p.1110-1117, 2001a.

FERBER, R.; OSTERNIG, L. R.; GRAVELLE, D. C. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. **Journal of Electromyography & Kinesiology**, v.12, p.391-397, 2002.

FISCHL, B.; SERENO, M.I.; DALE, A.M. Cortical surface-based analysis. II: Inflation, flattening, and a surface-based coordinate system. **Neuroimage**, v.9, n.2, p.195-207, 1999.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W.J. **Treinamento de força para jovens atletas**. São Paulo: Manole, 2001.

FOLSTEIN, M.F.; FOLSTEIN, S.E.; MCHUGH, P.R. Mini-Mental State: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **Journal of Psychiatric Research**, v.12, p.189-98, 1975.

FONSECA, M.C.O. **Capacidade funcional de idosos participantes de programas diferenciados de exercício físico**. 2004. Dissertação (Monografia em Educação). Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. São Paulo.

FREDERIKSE, M.E.; LU, A.; AYLWARD, E.; BARTA, P.; PEARLSON, G. Sex differences in the inferior parietal lobule. **Cerebral cortex**, v.9, n.8, p.896-901, 1999.

GARRAGHTY, P.E.; HANES, D.P.; FLORENCE, S.L.; KAAS J.H. Pattern of peripheral deafferentation predicts reorganizational limits in adult primate somatosensory cortex. **Somatosensory & Motor Research**, v.11, n.2, p.109-117, 1994.

GASER, C.; SCHLAUG, G. Brain structures differ between musicians and non-musicians. **Journal of Neuroscience**, v.23, n.27, p.9240-45, 2003.

GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R.B.; MANGUN, G.R. **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GILLESPIE, L.D.; GILLESPIE, W.J.; ROBERTSON, M.C.; LAMB, S.E.; CUMMING, R.G.; ROWE, B.H. Interventions for preventing falls in elderly people. **Physiotherapy**, v.89, n.12, p.692-3, 2003.

GIROUARD, C.K., & HURLEY, B.F. Does strength training inhibit gains in range of motion from flexibility training in older adults? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.27, p.1444-1449, 1995

GOMEZ-PINILLA, F.; SO, V.; KESSLAK, J.P. Spatial learning and physical activity contribute to the induction of fibroblast growth factor: neural substrates for increased cognition associated with exercise. **Neuroscience**, v.85, p.53-61, 1998.

GOULD, E.; REEVES, A.J.; FALLAH, M.; TANAPAT, P.; GROSS, G.G.; FUCHS, E. Hippocampal neurogenesis in adult Old World primates. **Proceedings of National Academy of Sciences**, v.96, p.5263-5267, 1999.

GRABINER, M.D.; ENOKA, R.M. Changes in movement capabilities with aging. **Exercise and Sport Science Reviews**, v.23, p.65-104, 1995.

GROSS, C.G. Neurogenesis in the adult brain: death of a dogma. **Nature reviews Neuroscience**, v.1, n.1, p.67-73, 2000.

GROSSER, M.; STARISCHKA, S. **Test de la condicion física**. Barcelona: Martinez Roca, 1988.

GROSSMAN, A.W.; CHURCHILL, J.D.; BATES, J.E.; KLEIN, J.A. e GREENOUGH, W.T. A brain adaptation view of plasticity: is synaptic plasticity an overly limited concept? **Progress in Brain Research**, v.138, p.91-108, 2002.

GUMARÃES, J.M.N.; CALDAS, C.P.A. Influência da atividade física nos quadros depressivos de pessoas idosas: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.9, n.4, p.481-492, 2006.

HASKELL, W.L.; LEE, I.M.; PATE, R.R.; POWELL, K.E.; BLAIR, S.N.; FRANKLIN, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Circulation**, v.39, n.8, p.1423-34, 2007.

HAXBY, J.V.; GRADY, C.L.; UNGERLEIDER, L.G.; HORWITZ, B. Mapping the functional neuroanatomy of the intact human brain with brain work imaging. **Neuropsychologia**, v.29, n.6, p.539-55, 1991.

HEAT, G.; HAGBERG, J.; EHSANI, A.; HOLLOSZY, J. A physiological comparison of young and older endurance athletes. **Journal of Applied Physiology**, v.51, p.634-640, 1981.

HOLLAND, G.J.; TANAKA, K.; SHIGEMATSU, R.; NAKAGAICHI, M. Flexibility and physical functions of older adults: A review. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.10, n.2, p.169-206, 2002.

HUTCHINSON, S.; LEE, L.H.; GAAB, N.; SCHLAUG, G. Cerebellar volume of musicians. **Cerebral Cortex**, v.13, n.9, p.943-9, 2003.

IBGE. **Perfil dos Idosos Responsáveis Pelos Domicílios**. 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/perfilidoso/perfidosos2000.pdf>> Acesso em 9 jan. 2009.

IVANCO, T.L.; GREENOUGH, W.T. Physiological consequences of morphologically detectable synaptic plasticity: potential uses for examining recovery following damage. **Neuropharmacology**, v.39, n.5, p.765-776, 2000.

JAMES, D.; COYLE, C. Physical exercise, IQ scores and working memory in older adult men. **Education & Ageing**, v.13, p.37-48, 1998.

JONES, T.A.; KLEIM, J.A.; GREENOUGH, W.T. Synaptogenesis and dendritic growth in the cortex opposite unilateral sensorimotor cortex damage in adults rats: a quantitative electron microscopic examination. **Brain Research**, v.733, n.1, p.142-148, 1996.

KALACHE, A.; VERAS, R.P.; RAMOS, L.R. O Envelhecimento da população mundial. Um desafio novo. **Revista de Saúde Pública**, v.21, n.3, p.200-10, 1987.

KERRIGAN, D.C.; LEE, L.W.; COLLINS, J.J.; RILEY, P.O.; LIPSITZ, L.A. Reduced hip extension during walking: health elderly and fallers versus young adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.82, p.26-30, 2001.

KLEIM, J.A.; BARBAY, S.; COOPER, N.R.; HOGG, T.M.; REIDEL, C.N.; REMPLE, M.S.; NUDO, R.J. Motor learning-dependent synaptogenesis is localized to functionally reorganized motor cortex. **Neurobiology of Learning and Memory**, v.77, p.63-77, 2002.

KLEIM, J.A.; JONES, T.A.; SCHALLERT, T. Motor enrichment and the induction of plasticity before or after brain injury. **Neurochemical Research**, v.28, n.11, p.1757-1769, 2003.

KLEIM, J.A.; LUSSNIG, E.; SCHWARZ, E.R.; COMERY, T.A.; GREENOUGH, W.T. Synaptogenesis and FOS expression in the motor cortex of the adult rat after motor skill learning. **Journal of Neuroscience**, v.16, n.14, p.4529-35, 1996.

KLINTSOVA, A.Y.; COWELL, R.M.; SWAIN, R.A.; NAPPER, R.M.A.; GOODLETT, C.R.; GREENOUGH, W.T. Therapeutic effects of complex motor training on motor performance deficits induced by neonatal binge-like alcohol exposure in rats I: behavioural results. **Brain Research**, v.800, p.48-61, 1998.

KLINTSOVA, A.Y.; MATTHEWS, J.T.; GOODLET, C.R.; NAPPER, R.M.; GREENOUGH, W.T. Therapeutic motor training increases parallel fiber synapse number per Purkinje neuron in cerebellar cortex of rats given postnatal binge alcohol exposure: preliminary report. **Alcoholism: Clinical and Experimental Research**, v.21, n.7, p.1257-63, 1997.

KNECHT, S.; HENNINGSEN, H.; HOHLING, C.; ELBERT, T.; FLOR, H.; PANTEV, C.; TAUB, E. Plasticity of plasticity? Changes in the pattern of perceptual correlates of reorganization after amputation. **Brain**, v.121, n.4, p.717-724, 1998.

KRAMER, A.F.; ERICKSON, K.I.; COLCOMBE, S.J. Exercise, cognition, and the aging brain. **Journal of Applied Physiology**, v.101, n.4, p.1237-42, 2006.

KRAMER, A.F.; WILLIS, S.L. Enhancing the cognitive vitality of older adults. **Current Directions in Psychological Science**, v.11, p.173-7, 2002.

LAMBERT, C.P.; EVANS, W.J. Adaptations to aerobic and resistance exercise in the elderly. **Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders**, v.6, n.2, p.137-43, 2005.

LAN, C.; LAI, J.S.; WONG, M.K.; YU, M.L. Cardio-respiratory function, flexibility, and body composition among geriatric Tai Chi Chuan practitioners. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.77, p.612-6, 1996.

LI, F.; HARMER, P.; FISHER, K.J.; MCAULEY, E.; CHAUMETON, N.; ECKSTROM, E.; WILSON, N.L. Tai chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial. **Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v.60, n.2, p.187-94, 2005.

LORD, S.R.; WARD, J.A.; WILLIAMS, P.; STRUDWICK, M. The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. **Journal of the American Geriatrics Society**, v.43, n.11, p.1198-1206, 1995.

LYON, R.M. Toward century 21 – Issues in aging. In: Gedvilas, L.L.; Kneer, M.E. (eds) **Proceedings of the National Association for Physical Education in Higher Education**. Champaign: Human Kinetic, 1980, p.125-132.

MAGILL, R. **Aprendizagem Motora: conceitos e aplicações**. 5ªed. São Paulo: Edgard Bluncher Ltda, 2000.

MANNO, R. **La capacidad coordinative**. Buenos Aires: Stadium, 1985.

MARINS, J.C.B.; GIANNICHI, R.S. **Avaliação & Prescrição de Atividade Física**. 2ªed. Rio de Janeiro: Shape Editora, 1998.

MARKOWSKA, A.L.; SAVONENKO, A.V. Protective effect of practice on cognition during aging: Implications for predictive characteristics of performance and efficacy of practice. **Neurobiology of Learning and Memory**, v.78, n.2, p.294-320, 2002.

MARTIN, L. J. Mitochondriopathy in Parkinson disease and amyotrophic lateral sclerosis. **Journal of Neuropathology and Experimental Neurology**, v.65, n.12, p.1103-1110, 2006.

MATTSON, M. P. Calcium and neurodegeneration. **Aging Cell**, v.6, p.337-350, 2007.

MATTSON, M.P. Adventures in neural plasticity, aging, and neurodegenerative disorders aboard the CWC beagle. **Neurochemical Research**, v.28, n.11, p.1631-1637, 2003.

MAZO, G.Z.; MOTA, J.; BENEDETTI, T.R.B.; BARROS, M.V.G. Validade Concorrente e Reprodutibilidade: Teste-reteste do Questionário de Baecke Modificado Para Idosos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v.6, n.1, p.5-11, 2001.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4ªed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

MCAULEY, E.; RUDOLPH, D. Physical activity, aging, and psychological well-being. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.3, p.67-96, 1995.

MEIRELLES, M.E.A. **Atividade Física na Terceira Idade**. 3ªed. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.

MEISTER, I.; KRINGS, T.; FOLTYS, H.; BOROOJERDI, B.; MÜLLER, M.; TÖPPER, R.; THRON, A. Effects of long-term practice and task complexity in musicians and nonmusicians performing simple and complex motor tasks: implications for cortical motor organization. **Human Brain Mapping**, v.25, p.345-352, 2005.

MENSHIKOVA, E.V.; RITOV, V.B.; FAIRFULL, L.; FERRELL, R.E.; KELLEY, D.E.; GOODPASTER, B.H. Effects of exercise on mitochondrial content and function in aging human skeletal muscle. **Journal of Gerontology: Biological Sciences**, v.61, n.6, p.534-40, 2006.

MILGRAM, N.W. Cognitive experience and its effect on age-dependent cognitive decline in beagle dogs. **Neurochemical Research**, v.28, n.11, p.1677-82, 2003.

MORRIS, N.; GASS, G.; THOMPSON, M.; BENNETT, G.; BASIC, D.; MORTON, H. Rate and amplitude of adaptation to intermittent and continuous exercise in older men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.34, n.3, p.471-7, 2002.

MORROW, J.R.; JACKSON, A.W.; DISCH, J.G.; MOOD, D.P. **Medida e Avaliação do Desempenho Humano**. 2ªed. Porto Alegre: Artmed, 2003.

MOTA, M.P.; FIGUEIREDO, P.A.; DUARTE, J.A. Teorias biológicas do envelhecimento. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.4, n.1, p.81-110, 2004.

NERI, A.L. (Org) **Idosos no Brasil: Vivências, Desafios e Expectativas na Terceira Idade**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2007.

NEWTON, R.U.; HAKKINEN, K.; HAKKINEN, A.; MCCORMICK, M.; VOLEK, J.; KRAEMER, W.J. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older man. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.34, n.8, p.1367-75, 2002.

NICOLA, P. **Geriatrics**. Porto Alegre: Luzzato, 1986.

NIEMAN D.C. **Exercício e saúde**. São Paulo: Manole, 1999.

NUDO, R.J.; MILLIKEN, G.W.; JENKINS, W.M.; MERZENICH, M.M. Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. **Journal of Neuroscience**, v.16, n.2, p.785-807, 1996.

OKUMA, S.S. **O idoso e o exercício físico: fundamentos e pesquisa**. 2ªed. Campinas: Papirus, 1998.

OTADUY, M.C.G.; TOYAMA, C.; NAGAE, L.M.; AMARO, E. Técnicas de Obtenção das Imagens em Neurorradiologia In: LEITE, C.C.; AMARO, E.; LUCATO, L.T. **Neurorradiologia: Diagnóstico por Imagem das Alterações Encefálicas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, cap.1, p.1-47.

OZTURK, A.H.; TASCIOGLU, B.; AKTEKIN, M.; KURTOGLU, Z.; ERDEN, I. Morphometric comparison of the human corpus callosum in professional musicians and non-musicians by using in vivo magnetic resonance imaging. **Journal of Neuroradiology**, v.29, n.1, p.29-34, 2002.

PAILLARD, T.; LAFONT, C.; SOULAT, J.M.; COSTES-SALON, M.C.; MARIO, B.; MONTROYA, R.; DUPUI, P. Neuromuscular effects of three training methods in ageing women. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.44, n.1, p.87-91, 2004.

PASCUAL-LEONE, A.; AMEDI, A.; FREGNI, F.; MERABET, L.B. The Plastic Human Brain Cortex. **Annual Reviews of Neuroscience**, v.28, p.377-401, 2005.

PASCUAL-LEONE, A.; PERIS, M.; TORMOS, J.M.; PASCUAL, A.; CATALA, M.D. Reorganization of human cortical motor output maps following traumatic forearm amputation. **NeuroReport**, v.7, n.13, p.2068-70, 1996.

PATE, R.R. Health-related measures of children's physical fitness. **The journal of School Health**, v.61, n.5, p.231-233, 1991.

PEREIRA, R.S.; CURIONI, C.C.; VERAS, R. Perfil demográfico da população idosa no Brasil e no Rio de Janeiro em 2002. **Textos sobre Envelhecimento**, v.6, n.1, 2003.

PEREIRA, A.C.; HUDDLESTON, D.E.; BRICKMAN, A.M.; SOSUNOV, A.A.; HEN, R.; MCKHANN, G.M.; SLOAN, R.; GAGE, F.H.; BROWN, T.R.; SMALL, S.A. An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.104, n.13, p.5638-43, 2007.

PERINI, R.; FISHER, N.; VEICSTEINAS, A.; PENDERGAST D. R. Aerobic training and cardiovascular responses at rest and during exercise in older men and women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.34, n.4, p.700-8, 2002.

PERRACINI, M.R. Equilíbrio e controle postural em idosos. **Revista Brasileira de Postura e Movimento**, v.23, p.130-42, 1998.

PERRACINI, M.R.; RAMOS, L.R. Fatores associados a quedas em uma coorte de idosos residentes na comunidade. **Revista de Saúde Pública**, v.36, n.6, p.709-16, 2002.

- PHILLIPS, W. T.; BROMAN, T. L.; BURKETT, L. N.; SWAN, P. D. Increases in strength and physical function in older adults following 12 weeks of a single set strength training according to ACSM 1998 guidelines. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.33, n.5, p.88, 2001.
- PLAUTZ, E.J.; MILLIKEN, G.W.; NUDO, R.J. Effects of repetitive motor training on movement representations in adult squirrel monkeys: role of use versus learning. **Neurobiology of Learning and Memory**, v.74, p.27-55, 2000.
- PRINCE, F.; CORRIVEAU, H.; HÉBERT, R.; WINTER, D. A. Gait in the elderly. **Gait and Posture**, v.5, p.128-135, 1997.
- RAGNARSDÓTTIR, M. The concept of balance. **Physiotherapy**, v.82, n.6, p.368-75, 1996.
- RAICHLE, M.E.; MINTUN, M.A. Brain work and brain imaging. **Annual Review of Neuroscience**, v.29, n.449-76, 2006.
- RAMACHANDRAN, V.S. Behavioral and magnetoencephalographic correlates of plasticity in the adult human brain. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.90, n.22, p.10413-20, 1993.
- RAMACHANDRAN, V.S.; ROGERS-RAMACHANDRAN, D.; STEWART, M. Perceptual correlates of massive cortical reorganization. **NeuroReport**, v.3, n.7, p.583-6, 1992.
- RICHARD, J.J. The neuropathology of alzheimers disease investigated by transplantation of mouse trisomy 16 hippocampal tissues. **Trends in Neurosciences**, v.14, n.8, p.334-8, 1991.
- RIDER, R.A.; DALY, J. Effects of flexibility training on enhancing spinal mobility in older women. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.31, n.2, p.213-7, 1991.
- RIKLI, R.E.; JONES, C.J. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.7, p.129-161, 1999b.
- RIKLI, R.E.; JONES, C.J. Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.7, p.162-181, 1999a.
- RIKLI, R.E.; JONES, C.J. **Senior Fitness Test Manual**. California: Human Kinetics, 2001.
- RONSKY, J.L.; NIGG, B.M.; FISHER, V. Correlation between physical activity and the gait characteristics and ankle joint flexibility of the elderly. **Clinical Biomechanics**, v.10, p.41-49, 1995.
- SANES, J.N.; SUNER, S.; DONOGHE, J.P. Dynamic organization of primary motor cortex output to target muscles in adult rats. I. Long-term patterns of reorganization following motor or mixed peripheral nerve lesions. **Experimental Brain Research**, v.79, n.3, p.479-91, 1990.
- SANTOS, S. Tempo de reação, tempo de movimento, e aquisição de timing antecipatório em idosos. 1993. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1993.
- SANTOS, S.; TANI, G. Tempo de movimento e aprendizagem de uma tarefa de timing antecipatório em idosos. **Proceedings of the 1st Conference of EGREPA – Actividade Física e Saúde na Terceira Idade**, Lisboa, p. 446-57, 1994.
- SANTOS, S.; TANI, G. Tempo de reação e aprendizagem de uma tarefa de timing antecipatório em idosos. **Revista Paulista de Educação Física**, v.9, n.1, p.51-62, 1995.
- SCAHILL, R.I.; FROST, C.; JENKINS, R.; WHITWELL, J.L.; ROSSOR, M.N.; FOX, N.C. A longitudinal study of brain volume changes in normal aging using serial registered magnetic resonance imaging. **Archives of Neurology**, v.60, n.7, p.989-94, 2003.
- SCHMIDT, R.A. **Motor control and learning**. 2ªed. Champaign: Human Kinetics, 1988.

SCHMITHORST, V.J.; WILKE, M. Differences in white matter architecture between musicians and non-musicians: a diffusion tensor imaging study. **Neuroscience Letters**, v.32, n.1, p.57-60, 2002.

SEMENICK, D.M. Testing Protocols and Procedures. In: BAECHLE, T.R. **Essentials of strength training and conditioning**. Illinois: Human Kinetics, 1994, p.258-273.

SHEPHARD, R.J. **Aging, Physical Activity and Health**. Champaign: Human Kinetics, 1997, p.31-56.

SHIDELER, A.; SWARTZ, M.; MICHEL, J. & SCHULTE, J. Comparison of functional fitness training model & the traditional resistance training model for the development of functional fitness in older adults. **Proceedings of the 3rd Annual GRASP Symposium**, Wichita State University, 21-22, 2007

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLACOTT, M.H. Assessment and treatment of the patient with mobility disorders. In: SHUMWAY-COOK, A.; WOOLACOTT, M.H. **Motor control theory and practical applications**. Maryland: Williams & Wilins, 1995, p.315-54.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. **Motor control: theory and practical applications**. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

SPIRDUSO, W.W. **Physical dimensions of aging**. Illinois: Human Kinetics, 1995.

SPIRDUSO, W.W. Reaction and movement time as a function of age and physical activity level. **Journal of Gerontology**, v.30, n.4, p.435-40, 1975.

SPIRDUSO, W.W.; FRANCIS, K.L.; MACRAE, P.G. **Physical dimensions of aging**. Champaign: Human Kinetics, 2005.

SPIRDUSO, W.W.; GILLIAM, P.; WILCOX, R.E. Speed of movement initiation performance predicts differences in [3H]spiroperidol receptor binding in normal rats. **Psychopharmacology (Berl)**, v.83, n.2, p.205-9, 1984.

SPIRDUSO, W.W.; MACRAE, H.H.; MACRAE, P.M.; PREWITT, J.; OSBORNE, L. Exercise effects on aged motor function. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.515, p.363-75, 1988.

SPRINGER, B.A.; MARIN, R.C.; TAMARA, R.H.; GILL, N.W. Normative Values for the Unipedal Stance Test with Eyes Open and Closed. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v.30, n.1, 2007.

STEINBERG, G.M. Using the five-step strategy to teach motor skills. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**, v.71, n.5, p.40-1, 2000.

STEINBERG, G.M.; GLASS, B. Can the five-step strategy enhance the learning of motor skills in older adults? **Journal of Aging and Physical Activity**, v.9, p.1-10, 2001.

STILES, J. Neural plasticity and cognitive development. **Developmental Neuropsychology**, v.18, n.2, p.237-72, 2000.

SUNAERT, S.; DYMARKOWSKI, S.; VAN OOSTENDE, S.; VAN HECKE, P.; WILMS, G.; MARCHAL, G. Functional magnetic resonance imaging (fMRI) visualises the brain at work. **Acta Neurologica Belgica**, v.98, n.1, p.8-16, 1998.

SUUTUAMA T.; RUOPPILA, I. Associations between cognitive functioning and physical activity in two 5-year follow-up studies of older finish persons. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.6, p.169-83, 1998.

SWAIN, R.A.; HARRIS, A.B.; WIENER, E.C.; DUTKA, M.V.; MORRIS, H.D.; THEIEN, B.E.; KONDA, S.; ENGBERG, K.; LAUTERBUR, P.C. & GREENOUGH, W.T. Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. **Neuroscience**, v.117, n.4, p.1037-1046. 2003

THOMPSON, C.J.; OSNESS, W.H. Effects of an 8-week multimodal exercise program on strength, flexibility, and golf performance in 55- to 79-year-old men. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.12, n.2, p.144-56, 2004.

TINETTI, M.E.; BAKER, D.I.; MCAVAY, G.; CLAUS, E.B.; GARRETT, P.; GOTTSCHALK, M.; KOCH, M.L.; TRAINOR, K.; HORWITZ, R.I. A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. **The New England Journal of Medicine**, v.331, n.13, p.821-7, 1994.

TORAMAN, N.F.; ERMAN, A.; AGYAR, E. Effects of multicomponent training on functional fitness in older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.12, n.4, p.538-53, 2004.

TRITSCHLER, K.A. **Medida e avaliação em educação física e esportes**. São Paulo: Manole, 2003.

UENO, L.M.; OKUMA, S.S.; MIRANDA, M.L.; FILHO, W.J.; HO, L.L. Análise dos Efeitos Quantitativos e Qualitativos de um Programa de Educação Física sobre a Flexibilidade do Quadril em Indivíduos Com Mais de 60 Anos. **Motriz**, v.6, n.1, p.9-16, 2000.

US NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH. Exercise and Physical Activity: Getting Fit For Life. 2007. Disponível em: <<http://www.nia.nih.gov/HealthInformation/Publications/exercise.htm>> Acesso em 9 jan. 2010.

VAN BOXTEL, M.P.; LANGERAK, K.; HOUX, P.J.; JOLLES, J. Self-reported physical activity, subjective health, and cognitive performance in older adults. **Experimental Aging Research**, v.22, p.363-79, 1996.

VAN BOXTEL, M.P.; PAAS, F.G.; HOUX, P.J.; ADAM, J.J.; TEEKEN, J.C.; JOLLES, J. Aerobic capacity and cognitive performance in a cross-sectional aging study. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.29, p.1357-65, 1997.

VANCE, D.E.; WADLEY, V.G.; BALL, K.K.; ROENKER, D.L.; RIZZO, M. The effects of physical activity and sedentary behavior on cognitive health in older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.13, n.3, p.294-313, 2005.

VERGHESE, J.; HOLTZER, R.; LIPTON, R.B.; WANG, C. Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. **Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v.64, n.8, p.896-901, 2009.

VINCENT K.R.; BRAITH, R.W. Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.34, n.1, p.17-23, 2002.

VOORRIPS, L.E.; RAVELLI, A.C.; DONGELMANS, P.C.; DEURENBERG, P.; VAN STAVEREN, W.A. A physical activity questionnaire for the elderly. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.23, n.8, p.974-9, 1991.

WATSFORD, M.L.; MURPHY, A.J.; PINE, M.J. The effects of ageing on respiratory muscle function and performance in older adults. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.10, n.1, p.36-44, 2007.

WATSFORD, M.L.; MURPHY, A.J.; PINE, M.J.; COUTTS, A. The effect of habitual exercise on respiratory-muscle function in older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.13, n.1, p.34-44, 2005.

WEINECK, J. **Treinamento ideal: instruções técnicas sobre o desempenho fisiológico, incluindo considerações específicas de treinamento infantil e juvenil**. 9ªed. São Paulo: Manole, 2003.

WELFORD, A.T. Reaction time, speed of performance, and age. In: JOSEPH, J.A. (Ed.), **Central determinants of age-related declines in motor function**. New York: The New York Academy of Sciences. 1988, p.1-17.

WHIPPLE, R.; WOLFSON, L.; DERBY, C.; SINGH, D.; TOBIN, J. Altered sensory function and balance in older persons. **The Journals of Gerontology**, v.48, p.71-6, 1993.

WHITEHEAD, D.J.; CORBIN, C. Muscle fitness. **The British Journal of Physical Education**, v.16, n.5, p.180-3, 1985.

WHITEHURST, M. Reaction time unchanged in older women following aerobic training. **Perceptual & Motor Skills**, v.72, p.251-6, 1991.

WHITING, H.T.A. **Concepts in skill learning**. London: Lepus, 1975, p.3-34.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Growing older – staying well. 1998. Disponível em <http://whqlibdoc.who.int/hq/1998/WHO_HPR_AHE_98.1.pdf> Acesso em 9 jan. 2009.

WILD, B.; RODDEN, F.A.; GRODD, W. & RUCH, W. Neural correlates of laughter and humour. **Brain**, v.126, p.2121-2138, 2003.

WINTER, D.A. **Human balance and posture control during satanding and motor control of human movement**. Waterloo: Wiley-Interscience, 1995.

WOLF, S.L.; BARNHART, H.X.; ELLISON, G.L.; COOGLER, C.E. The effect of Tai Chi Quan and computerized balance training on postural stability in older subjects. **Physical therapy**, v.77, n.4, p.371-81, 1997.

WOLF, S.L.; BARNHART, H.X.; KUTNER, N.G.; MCNEELY, E.; COOGLER, C.; XU, T. Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai Chi and computerized balance training. **Journal of the American Geriatrics Society**, v.44, n.5, p.489-97, 1996.

WOLF, S.L.; BARNHART, H.X.; KUTNER, N.G.; MCNEELY, E.; COOGLER, C.; XU, T. Selected as the best paper in the 1990s: Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of tai chi and computerized balance training. **Journal of American Geriatrics Society**, v.51, p.1794-803, 2003.

WOOD, R.; REYES-ALVAREZ, R.; MARAJ, B.; METOYER, K.; WELSCH, M. Physical fitness, cognitive function, and health related style of life in older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.7, p.217-30, 1999.

WOOLLACOTT, M.H. Age-related changes in posture and movement. **Journal of Gerontology**, v.48, p.56-60, 1993.

WOOLLACOTT, M.H.; TANG, P.F. Balance control during walking in the older adult: research and its implications. **Physical Therapy**, v.77, n.6, p.646-60, 1997.

ZAGO, A.S.; PAULA, F.P.; VILLAR, R.; SILVA, V.M.; GOBBI, S. Efeito de um programa geral de exercício físico de intensidade moderada sobre os níveis de resistência de força em pessoas da terceira idade. **Revista Brasileira Atividade Física & Saúde**, v.5, n.3, p.42-51, 2000.

ZIMMERMANN, A.; STAUFFACHER, M.; LANGHANS, W.; WURBEL, H. Enrichment-dependent differences in novelty exploration in rats can be explained by habituation. **Behavioural Brain Research**, v.121, n.1-2, p.11-20, 2001.

ANEXOS

ANEXO I: Questionário Mini-exame do estado mental Mini-mental (FOLSTEIN, FOLSTEIN & MCHUGH, 1975)

Paciente: _____

Data de avaliação: _____ Avaliador: _____

Orientação

1)	Dia da Semana (1 ponto)	()
2)	Dia do Mês (1 ponto)	()
3)	Mês (1 ponto)	()
4)	Ano (1 ponto)	()
5)	Hora aproximada (1 ponto)	()
6)	Local específico (andar ou setor) (1 ponto)	()
7)	Instituição (residência, hospital, clínica) (1 ponto)	()
8)	Bairro ou rua próxima (1 ponto)	()
9)	Cidade (1 ponto)	()
10)	Estado (1 ponto)	()

Memória Imediata

Fale três palavras não relacionadas. Posteriormente pergunte ao paciente pelas 3 palavras. Dê 1 ponto para cada resposta correta. Depois repita as palavras e certifique-se de que o paciente as aprendeu, pois mais adiante você irá perguntá-las novamente. ()

Atenção e Cálculo

(100-7) sucessivos, 5 vezes sucessivamente (93,86,79,72,65)

(1 ponto para cada cálculo correto) ()

Evocação

Pergunte pelas três palavras ditas anteriormente

(1 ponto por palavra) ()

Linguagem

1) Nomear um relógio e uma caneta (2 pontos) ()

2) Repetir "nem aqui, nem ali, nem lá" (1 ponto) ()

3) Comando: "pegue este papel com a mão direita, dobre ao meio e coloque no chão" (3 pontos)

()

4) Ler e obedecer: "feche os olhos" (1 ponto) ()

5) Escrever uma frase (1 ponto) ()

6) Copiar um desenho (1 ponto) ()

ESCREVA UMA FRASE

COPIE O DESENHO

Escore: (/ 30)

ANEXO II: Questionário de atividade física de BAECKE modificado para idosos (VOORRIPS et al, 1991).

ATIVIDADES DE CASA

1. Você realiza algum trabalho leve em sua casa? (lavar louça, reparar roupas, tirar pó, etc.)
 0. nunca (menos de 1 vez por mês)
 1. às vezes (somente quando um parceiro ou ajudante não está disponível)
 2. quase sempre (às vezes com ajudante)
 3. sempre (sozinho ou com ajuda)
2. Você realiza algum trabalho pesado em sua casa? (lavar pisos e janelas, carregar lixo, etc.)
 0. nunca (menos de 1 vez por mês)
 1. às vezes (somente quando um parceiro ou ajudante não está disponível)
 2. quase sempre (às vezes com ajudante)
 3. sempre (sozinho ou com ajuda)
3. Para quantas pessoas você mantém a casa incluindo você mesmo? (preencher 0 se respondeu nunca nas questões 1 e 2).
4. Quantos cômodos você tem que limpar, incluindo cozinha, quarto, garagem, banheiro, porão? (preencher 0 se respondeu nunca nas questões 1 e 2).
 0. nunca faz trabalhos domésticos
 1. 1-6 cômodos
 2. 7-9 cômodos
 3. 10 ou mais cômodos
5. Se limpa algum cômodo, em quantos andares? (preencher 0 se respondeu nunca na questão 4)
6. Você prepara refeições quentes para si mesmo, ou você ajuda a preparar?
 0. nunca
 1. às vezes (1 ou 2 vezes por semana)
 2. quase sempre (3 a 5 vezes por semana)
 3. sempre (mais de 5 vezes por semana)
7. Quantos lances de escada você sobe por dia? (1 lance de escadas tem 10 degraus)
 0. eu nunca subo escadas
 1. 1-5
 2. 6-10
 3. mais de 10
8. Se você vai para algum lugar em sua cidade, que tipo de transporte utiliza?
 0. eu nunca saio
 1. carro
 2. transporte público
 3. bicicleta
 4. caminhando
9. Com que frequência você faz compras?
 0. nunca ou menos de 1 vez por semana
 1. 1 vez por semana
 2. 2-4 vezes por semana
 3. todos os dias
10. Se você vai para as compras, que tipo de transporte você utiliza?

- 0. eu nunca vou as compras
- 1. carro
- 2. transporte público
- 3. bicicleta
- 4. caminhando

ATIVIDADES ESPORTIVAS

Você pratica algum esporte? (bocha, ginástica, natação, hidroginástica, caminhada, etc.)

Esporte 1: _____

Intensidade: _____ (ver tabela)

Horas por semana: _____

Meses por ano: _____

Esporte 2: _____

Intensidade: _____ (ver tabela)

Horas por semana: _____

Meses por ano: _____

ATIVIDADES DE LAZER

Você tem alguma atividade de lazer? (tricô, bordados, leitura, assistir TV, passear com o cão, bingo, danças de salão, etc).

Atividade 1: _____

Intensidade: _____ (ver tabela)

Horas por semana: _____

Meses por ano: _____

Atividade 2: _____

Intensidade: _____ (ver tabela)

Horas por semana: _____

Meses por ano: _____

INSTRUÇÕES PARA CÁLCULOS

Informações sobre esportes e outras atividades do tempo de lazer, são extraídas quanto o tipo de atividade, duração (horas por semana), frequência (número de meses por ano), e a intensidade que a atividade foi normalmente realizada. A intensidade da atividade foi codificada baseada no trabalho de BINK et al.(1966) Estes códigos de intensidade são códigos sem unidade que foram originalmente baseados em gasto energético.

CÁLCULOS

A pontuação do questionário é dada como segue: Escores das atividades diárias = (soma dos escores obtidos nas dez questões ÷ 10). Escores do esporte = o produto dos códigos para intensidade, horas por semana e meses por ano para cada atividade somada entre todas as atividades. Escores para as atividades de tempo de lazer = calculados similarmente aos escores do esporte. Nota: desde que os escores do questionário não têm unidades inerentes (por exemplo, kcal/min, etc.), eles são designados a ser divididos dentro de quantias para propostas de classificação geral dentro da amostra dos quais os dados foram obtidos. **EXEMPLO:** Escores do lar: A soma dos valores das respostas das 10 primeiras questões. Se as respostas de uma pessoa são como segue (número da questão: valor da resposta): 1:2, 2:2, 3:2, 4:3, 5:1, 6:3, 7:1, 8:1, 9:1, 10:1, a soma dos valores das respostas seria 2+2+2+3+1+3+1+1+1+1 = 17. Os escores do lar seriam então 17 ÷ 10, ou

1,7. Escores do esporte (ver tabela de códigos) *Bolichê* Intensidade: o código é 0.890 (do n. 6: em pé, movimentos corporais e andar) Horas por semana: 1-2 h/semana. Isto seria codificado como 1.5. Meses por ano: 6 meses/ano. Isto seria codificado como 0.42. *Natação* Intensidade: o código é 1.890. Horas por semana: 2-3 h/sem. Isto seria codificado como 2.5. Meses por ano: 10 meses/ano. Isto seria codificado como 0.92. Escores do esporte: $(0.89 \times 1.5 \times 0.42) + (1.89 \times 2.5 \times 0.92) = 0.561 + 4.347 = 4.91$ Escore do lazer 117 Nota: este escore é calculado da mesma forma do escore do esporte, usando os mesmos códigos para intensidade e duração. *Fazer tricô* Intensidade: o código é 0.297 (do número 2: sentado, movimentos de mãos ou braços. Horas por semana: 10h/sem. Este seria codificado como 8.5. Meses por ano: 12 meses/ano. Isto seria codificado como 0.92. Escore do lazer = $0.297 \times 8.50 \times 0.92 = 2.32$ Escore do questionário = escore do lar + escore do esporte + escore do lazer = $1.70 + 4.91 + 2.32 = 8.93$

Códigos para o questionário

Código de intensidade

0: deitado, sem carga - 0.028; 1: sentado, sem carga - 0.146; 2: sentado, com movimentos de mãos e braços - 0.297; 3: Sentado, com movimentos corporais - 0.703; 4: Em pé sem carga - 0.174; 5: Em pé com movimentos de mãos e braços - 0.307; 6: Em pé, com movimentos corporais, caminhando - 0.890; 7: Caminhando, com movimentos corporais - 1.368; 8: Caminhando, movimentos corporais, pedalar, nadar - 1.890.

Horas por semana

1: Menos que 1h/sem 0.5; 2: 1 < 2h/sem 1.5; 3: 2 < 3h/sem 2.5; 4: 3- <4/sem 3.5; 5: 4 - 5h/sem 4.5; 6: 5 - <6h/sem 5.5; 7: 6 - <7h/sem 6.5; 8: 7 - < 8h/sem 7.5; 9: 8 ou mais horas por semana 8.5.

Meses por ano

1: Menos do que 1 mês/ano 0.04; 2: 1-3 meses/ano 0.17; 3: 4-6 meses/ano 0.42; 4: 7-9 meses/ano 0.67; 5: mais do que 9 meses por ano 0.92.

ANEXO III: Anamnese

Nome: _____ Data ____/____/____

Idade: ____ Data de Nascimento: ____ / ____ / 19____

Endereço: _____

Bairro _____ Telefones: _____

- Anos de escolaridade: _____ anos

Primário: ____ anos *5ª à 8ª séries:* ____ anos *Ensino Médio:* ____ anos *Universidade:* ____ anos

- Peso: _____ Altura: _____ Pressão: _____

- Fuma? () não () sim. Quantos cigarros por dia? _____

- Hipertensão? () não () sim

- Diabetes? () não () sim. Tipo I ou II ? _____

- Colesterol alto? () não () sim. Qual a última vez que aferiu? _____

- Triglicérides? () não () sim. Qual a última vez que aferiu? _____

- Problema cardíaco (taquicardia, arritmia etc.)? () não () sim. Qual(is)? _____

- Faz uso de marcapasso? () não () sim

- Faz uso de clip de aneurisma? () não () sim

- Tem algum metal no corpo (pinos ou próteses)? () não () sim

- Tem claustrofobia? () não () sim

- Faz uso de algum medicamento? Qual(is)? _____

- Problema ósteoarticular (tendinite, artrose etc.)? _____

- Possui algum outro problema de saúde que interfira na prática de atividade física? _____

- Qual a incidência de quedas nos últimos doze meses? _____

- Está sedentário há quanto tempo? () 6 meses ou menos () 6 meses a 1 ano () um ano ou mais () durante toda a vida.

- Qual(is) atividades você gosta de fazer no seu horário de lazer/ recreação/ esportivo? _____

ANEXO IV: Bateria de testes de capacidade funcional de Fullerton (RIKLI & JONES, 1999a,b)

AVALIAÇÃO FUNCIONAL

NOME _____ **DATA** ____/____/____
Idade _____ **Data Nasc.** ____/____/____
Peso _____kg **Altura** _____m **Pressão** _____

1 Levantar da cadeira 30" (Nº de vezes em 30s)

(1 tentativa de teste após demonstração e 1 a 3 repetições para familiarização)

2 Rosca 30" (Nº de vezes em 30s)

(1 tentativa de teste após demonstração e 1 a 3 repetições para familiarização)

3 Sentar e Alcançar (distância em cm – ou +)

(2 tentativas anotando-se o melhor resultado, após 2 tentativas de prática: esquerdo e direito)

4 Alcançar Costas (distância em cm – ou +)

(2 tentativas anotando-se o melhor resultado, após 2 tentativas de prática: esquerdo e direito)

5 Agilidade (cone a 2,43m da cadeira)

(2 tentativas anotando-se o melhor resultado, após 1 tentativa de prática)

6 Caminhar 6" (Percurso de 45,72m = 10 marcas a 4,57m)

Nº de voltas: _____ + _____ marcas = _____ m

Volta	m	Volta	m	Volta	m	marca	m
1	45,72	11	502,92	21	960,12	1	4,57
2	91,44	12	548,64	22	1005,84	2	9,14
3	137,16	13	594,36	23	1051,56	3	13,71
4	182,88	14	640,08	24	1095,28	4	18,28
5	228,60	15	685,80	25	1143,00	5	22,85
6	274,32	16	731,52	26	1188,72	6	27,42
7	320,04	17	777,24	27	1234,44	7	31,99
8	365,76	18	822,96	28	1280,16	8	36,56
9	411,48	19	868,68	29	1325,88	9	41,13
10	457,20	20	914,40	30	1371,60	10	45,72

7 Equilíbrio (tempo)

1ª tentativa: Pé direito: olho aberto _____

olho fechado _____

1ª tentativa: Pé esquerdo: olho aberto _____

olho fechado _____

2ª tentativa: Pé direito: olho aberto _____

olho fechado _____

2ª tentativa: Pé esquerdo: olho aberto _____

olho fechado _____

3ª tentativa: Pé direito: olho aberto _____

olho fechado _____

3ª tentativa: Pé esquerdo: olho aberto _____

olho fechado _____

ANEXO V: SRQ 20 - Self Report Questionnaire

O(A) SR(A). PODERIA, POR FAVOR, RESPONDER ÀS SEGUINTE PERGUNTAS A RESPEITO DE SUA SAÚDE:

. Tem dores de cabeça freqüentes?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem falta de apetite?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Dorme mal?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Assusta-se com facilidade?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem tremores na mão?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Sente-se nervoso(a), tenso(a) ou preocupado(a)?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem má digestão?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem dificuldade de pensar com clareza?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem se sentido triste ultimamente?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem chorado mais do que de costume?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Encontra dificuldades para realizar com satisfação as suas atividades diárias?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem dificuldades para tomar decisões?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem dificuldades no serviço (seu trabalho é penoso, lhe causa sofrimento)?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. É incapaz de desempenhar um papel útil em sua vida?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem perdido o interesse pelas coisas?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Você se sente uma pessoa inútil, sem préstimo?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem tido a idéia de acabar com a vida?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Sente-se cansado(a) o tempo todo?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Tem sensações desagradáveis no estômago?.....	SIM ☐	NÃO ☐
. Você se cansa com facilidade?.....	SIM ☐	NÃO ☐

ANEXO VI: Questionário de lateralidade.

Projeto de Pesquisa: MENSANA

Questionário de Lateralidade – V. 1.0 - HCFMUSP

Nome: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Sexo: _____

Indique a preferência do uso das mãos nas seguintes atividades, colocando + na coluna apropriada. Quando a preferência for importante a ponto de você utilizar a **outra mão se somente for forçado, assinale ++**. Se não houver preferência por qualquer uma das mãos, assinale + nas duas colunas.

Algumas atividades requerem as duas mãos, neste caso, a questão é em relação à parte da atividade explicitada entre parênteses.

Tente responder todas as questões e somente deixe em branco caso você não tenha absolutamente nenhuma experiência com o objeto da tarefa descrita.

		Direita	Esquerda
1	Escrever		
2	Desenhar		
3	Arremessar		
4	Tesoura		
5	Escova de dente		
6	Faca (sem garfo)		
7	Colher/garfo		
8	Vassoura		
9	Acender um fósforo		
10	Abrir uma caixa (tampa)		
i	Qual o pé você usa para chutar ?		
ii	Qual o olho você usa, se forçado a usar somente um ?		

I.L.

Decil

ANEXO VII: Questionário V A M S - PRÉ

fMRI – HCFMUSP - V A M S – PRÉ

Nome: Horário: horas min. Data:/..../.....

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo e marque cada linha com um traço vertical no ponto que melhor descreve seus sentimentos. O centro de cada linha indica como você habitualmente se encontra e as extremidades indicam o máximo de cada condição.

ALERTA	_____	SONOLENTO
CALMO	_____	AGITADO
FORTE	_____	FRACO
CONFUSO	_____	COM IDÉIAS CLARAS
ÁGIL	_____	DESAJEITADO
APÁTICO	_____	DINÂMICO
SATISFEITO	_____	INSATISFEITO
PREOCUPADO	_____	TRANQUILO
RACIOCÍNIO DIFÍCIL	_____	PERSPICAZ
TENSO	_____	RELAXADO
ATENTO	_____	DISTRAÍDO
INCAPAZ	_____	CAPAZ
ALEGRE	_____	TRISTE
HOSTIL	_____	AMISTOSO
INTERESSADO	_____	DESINTERESSADO
RETRAÍDO	_____	SOCIÁVEL

ANEXO: VIII: Questionário V A M S - PÓS

fMRI – HCFMUSP - V A M S – PÓS

Nome: Horário: horas min. Data:/..../.....

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo e marque cada linha com um traço vertical no ponto que melhor descreve seus sentimentos. O centro de cada linha indica como você habitualmente se encontra e as extremidades indicam o máximo de cada condição.

ALERTA	_____	SONOLENTO
CALMO	_____	AGITADO
FORTE	_____	FRACO
CONFUSO	_____	COM IDÉIAS CLARAS
ÁGIL	_____	DESAJEITADO
APÁTICO	_____	DINÂMICO
SATISFEITO	_____	INSATISFEITO
PREOCUPADO	_____	TRANQUILO
RACIOCÍNIO DIFÍCIL	_____	PERSPICAZ
TENSO	_____	RELAXADO
ATENTO	_____	DISTRAÍDO
INCAPAZ	_____	CAPAZ
ALEGRE	_____	TRISTE
HOSTIL	_____	AMISTOSO
INTERESSADO	_____	DESINTERESSADO
RETRAÍDO	_____	SOCIÁVEL

ANEXO IX: Questionário da avaliação do experimento

Questionário de Avaliação do Experimento

- 1) O (A) Sr.(a) sentiu alguma dor relacionada à posição do exame ?
- 2) O (A) Sr. (a), caso necessário, voltaria para fazer este exame ?
- 3) O (A) Sr. (a) poderia repetir três das palavras que viu durante uma das etapas deste exame ?
- 4) O (A) Sr. (a) gostaria de perguntar algo sobre o exame ?
- 5) Dê uma nota de 0 (ruim) a 10 (excelente) para a sua impressão deste exame:

ANEXO X: Termo de consentimento livre e esclarecido

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE
DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME DO INDIVÍDUO:
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M F
 DATA NASCIMENTO:/...../.....
 ENDEREÇO Nº.....
 APTO.....
 BAIRRO: CIDADE
 CEP: TELEFONE: DDD (.....)
 2. RESPONSÁVEL LEGAL:
 NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador, etc.)

 DOCUMENTO DE IDENTIDADE : SEXO: M F
 DATA NASCIMENTO.:/...../.....
 ENDEREÇO: Nº APTO:
 BAIRRO: CIDADE:
 CEP: TELEFONE: DDD (.....).....

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA : "Estudo comparativo do efeito de dois programas de exercícios físicos para idosos: aprendizagem X capacidades motoras."
2. PESQUISADOR RESPONSÁVEL : Suely dos Santos
3. CARGO/FUNÇÃO : Professora Doutora
4. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:
 RISCO MÍNIMO IXI RISCO MÉDIO
 RISCO BAIXO RISCO MAIOR
 (probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)
5. DURAÇÃO DA PESQUISA : A pesquisa terá duração de 6 meses

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. justificativa e os objetivos da pesquisa: Existem diversos tipos de exercícios físicos que podemos fazer. Os tipos mais comuns são aqueles que fazemos nas academias, como, musculação, para melhorar a força; esteira ou bicicleta, para melhorar a capacidade aeróbia e, por fim, exercícios de flexibilidade. Existem outras formas de nos exercitarmos, como por exemplo, jogando, dançando e praticando esportes. São bem conhecidos os efeitos desses tipos mais comuns de exercícios físicos, porém, os efeitos dos programas de jogos e esportes ainda são desconhecidos, principalmente em relação às capacidades físicas (força, capacidade aeróbia e flexibilidade) e também em relação aos efeitos no cérebro. O objetivo dessa pesquisa é investigar os efeitos de diferentes tipos de exercícios físicos nas suas capacidades físicas (pela bateria de testes funcionais) e também no seu cérebro (pelo exame de ressonância magnética).
2. procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais: A duração total da pesquisa será de 6 meses. O primeiro período consistirá de prática de exercício físico por 3 meses contínuos. Após esse período você ficará mais 3 meses sem realizar essas atividades, completando o tempo total da pesquisa (6 meses). A frequência das aulas será de 3 vezes por semana, com 1h20 de duração (cada aula). A divisão das pessoas que

participarão de cada um dos programas será feita através de sorteio. Antes que os programas de exercícios físicos sejam iniciados você fará uma bateria de testes e responderá 3 questionários. O primeiro (*anamnese*) consistirá de perguntas acerca dos seus hábitos, doenças, medicamentos que utiliza, ou cirurgias pelas quais já tenha passado. O segundo será um teste de avaliação cognitiva, em que será avaliada a forma como você pensa. Por último será realizado um questionário (Baecke) que avaliará a quantidade de atividade física que você faz. Depois faremos uma bateria de testes funcionais, que consiste em 6 testes: o primeiro é um teste usado para medir a força das pernas e consiste em levantar e sentar na cadeira o maior número de vezes possível, durante 30 segundos; o segundo mede a força dos braços e consiste em dobrar e esticar o braço, com um peso de 2,27kg, o maior número de vezes possível, e também durante 30 segundos; o terceiro mede a flexibilidade das pernas e consiste em alcançar o dedão do pé com o dedo médio das mãos, partindo da posição sentada; o quarto mede a flexibilidade dos braços e consiste no encontro das mãos nas costas e mede-se a distância entre os dedos médios; o quinto mede o equilíbrio dinâmico e consiste em levantar da cadeira, passar por trás de um cone (a 2,44 mt da cadeira) e voltar a sentar, sendo que você deverá fazer o mais rápido possível, sem correr; o sexto mede a capacidade aeróbia e consiste em andar por um percurso durante 6 minutos o mais rápido possível, sem correr. Realizaremos também um teste de equilíbrio (apoio unipedal), em que você deverá ficar em um pé só (com as duas pernas), com os olhos abertos e fechados, pelo máximo de tempo possível. Além desses testes, você fará exame de ressonância magnética. O procedimento será realizado no Departamento de Radiologia do Hospital das Clínicas, com horário prévio agendado. No dia do encontro você será colocado dentro do aparelho de ressonância magnética que pode ser descrito de forma simples como um grande imã. O aparelho faz um som na hora que produz imagens do seu cérebro. Você ficará deitado e terá um microfone para se comunicar caso precise. O aparelho de ressonância magnética tem o formato de um túnel no qual você entra deitado, e algumas pessoas não se sentem bem dentro dele. O ruído (barulho) do aparelho é alto, mas haverá um protetor de ouvido para diminuir o seu desconforto. Não existe injeção de qualquer substância na veia e não existe radiação que possa prejudicá-lo. Você precisará ficar imóvel durante o tempo de exame e ouvirá o som do aparelho de ressonância magnética intercalado com sons usados no estudo. Você poderá desistir do exame em qualquer momento, bastando solicitar ao médico que o estará acompanhando. Todos esses testes e questionários serão realizados em 3 momentos: antes de iniciarmos as atividades, após 3 meses de prática e após mais 3 meses sem prática, ou seja, após 6 meses do início da pesquisa.

3. desconfortos e riscos esperados: O maior desconforto presente nesse estudo poderá ocorrer durante o exame de ressonância magnética, pois durante a realização do mesmo há muito barulho (mesmo com a proteção). Além disso, há pessoas que não se sentem confortáveis dentro da máquina de ressonância, pelo fato de ficarem dentro de um tubo imóveis, durante um período de tempo.

4. benefícios que poderão ser obtidos: Os estudos que investigam os efeitos de diferentes tipos de exercícios, tanto nas capacidades físicas, quanto nas áreas cerebrais, podem auxiliar no melhor entendimento dessas intervenções e, conseqüentemente, proporcionar possibilidades de desenvolvimento de programas de exercícios diferentes e mais completos.

5. procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo: Não há no momento procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas; As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros participantes voluntários, não sendo divulgada a identificação de nenhum participante voluntário. Você tem direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores.

2. liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência: É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição. Não há despesas pessoais para o participante voluntário em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

3. salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade: O pesquisador irá utilizar os dados e o material coletado somente para pesquisa.

4. disponibilidade de assistência no HU ou HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa: Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste estudo (nexo causal comprovado), o participante voluntário tem direito a tratamento médico na Instituição, bem como às indenizações legalmente estabelecidas.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. A principal investigadora será: Dr Suely dos Santos, que pode ser encontrada no endereço Av. Mello Moraes, 65 - Cidade Universitária - CEP 05508-030 - São Paulo SP, telefone 30912131.

VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa
São Paulo, de de 2008 .

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador

ANEXO XI: Carta de aprovação deste projeto de pesquisa pelo CEP da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Of. CEP02709/EEFE/26022009

São Paulo, 26 de fevereiro de 2009.

Senhora Pesquisadora,

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, em reunião ordinária realizada em 26 de fevereiro de 2009, **aprovou o Protocolo 2008/52- "Estudo comparativo do efeito de dois programas de exercícios físicos para idosos: aprendizagem X capacidades motoras"**, sob sua responsabilidade.

Solicitamos a observância de Relatório Final em julho de 2009.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Valmor Tricoli
Vice-Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa

Ilma. Sra.
Profa. Dra. Suely dos Santos
EEFEUSP- EFP

Av. Professor Mello Moraes, 65
CEP 05508-030 - São Paulo - SP - Brasil
Fone/Fax: 55 11 3091-3097

ANEXO XII: Exemplo de plano de aula do programa Condicionamento Físico.

Plano de Aula – Condicionamento físico

Aula nº ____		Data: __/__/09 Hora: __h__min Duração: 80'	Nº previstos de alunas: 15 Material: halteres, caneleiras, colchonetes e cordas.
Objetivos
Parte I			
Aquecimento.	Caminhada em dupla.		10'
Parte II			
Melhorar resistência muscular.	-Realizar exercícios de resistência muscular localizada para membros inferiores e superiores. São realizadas 3 séries de cada exercício, e são feitas. As cargas são relativizadas de acordo com cada aluna.		*
Melhorar capacidade aeróbia.	-Caminhar em duplas, em volta da pista de cooper. A intensidade é determinada de forma que as alunas consigam conversar enquanto caminham.		*
Parte III			
Melhorar a flexibilidade e relaxar.	-Realizar exercícios de alongamento para membros superiores e inferiores. Repetir 3 vezes cada exercício, segurando 1 minutos em casa posição. A intensidade é individualizada, de acordo com o limite de dor de cada aluna.		15

* variaram de acordo com o momento da periodização

ANEXO XIII: Exemplo de plano de aula do programa Jogos

Plano de Aula – Jogos

Aula nº ____	Data: __/__/09 Hora: __h__min Duração: 80'	Nº previstos de alunas: 14 Material: bola de borracha, bola de basquete, colchonete, corda
Objetivos
Parte I		
Aquecimento	Caminhada em dupla	10'
Parte II		
Aquecimento de articulações e treinar passe.	Dividir as alunas em 2 grupos para fazer: - Jogo dos 5 passes usando as duas mãos - Jogo dos 5 passes usando só a mão direita - Jogo dos 5 passes usando só a mão esquerda O grupo que completar 5 passes ganha um ponto. O que ganhar mais pontos, vence o jogo.	10'
Treinar manuseio com a bola de Basquetebol	Passar pelo circuito: - quicando bola com a mão direita - quicando bola com a mão esquerda - quicando bola de costas, variando entre as duas mãos	10'
Treinar passe em movimento e arremesso	Bater de forma livre a bola de basquete. Ao sinal de 1 apito: trocar passe com alguém, ao sinal de 2 apitos, fazer um arremesso na cesta Formar pequenos grupos e cada grupo vai para uma cesta. Tentar arremessar de vários lugares e de diversas formas	10'
Trabalhar regras básicas do basquete e dinâmica do jogo	Jogo reduzido 3x2 - A professora introduz algumas das regras básicas do jogo de Basquetebol e as alunas formam grupos de 5 elementos e jogam Basquetebol em 3x2. Nota: a cada 5 minutos a professora troca as jogadoras de posição (ataque/defesa).	- Defensor ▲ - Atacante ●
Parte III		

Alongar e relaxar	Realizar exercícios de alongamento para membros superiores e inferiores para relaxar. A intensidade é individualizada, de acordo com o limite de dor de cada aluna.	15'
-------------------	--	------------

ANEXO XIV: Quadros referentes aos resultados dos testes funcionais e teste de equilíbrio e dos resultados referentes à análise da volumetria das estruturas corticais e subcorticais.

Quadro 7 - Resultados referentes ao teste-t pareado realizado sobre o desempenho do programa Condicionamento Físico na bateria de testes funcionais e testes de equilíbrio.

Condicionamento Físico	t	p	pcor
Força de MMII	-1,543	0,149	1
Força de MMSS	-4,634	0,001	0,01
Flexibilidade de MMII	-3,717	0,003	0,03
Flexibilidade de MMSS	-0,201	0,844	1
Agilidade/Equilíbrio dinâmico	8,704	0,000	0
Capacidade aeróbia	-1,270	0,228	1
Equilíbrio pé direito olho aberto	-1,162	0,268	1
Equilíbrio pé direito olho fechado	-2,088	0,059	0,59
Equilíbrio pé esquerdo olho aberto	-3,189	0,008	0,08
Equilíbrio pé esquerdo olho fechado	-0,580	0,572	1

pcor: valor de significância corrigido por Bonferroni

Quadro 8 - Resultados referentes ao teste-t pareado realizado sobre o desempenho do programa Jogos na bateria de testes funcionais e testes de equilíbrio.

Jogos	t	p	pcor
Força de MMII	-1,142	0,274	1
Força de MMSS	-2,912	0,012	0,12
Flexibilidade de MMII	-3,765	0,002	0,02
Flexibilidade de MMSS	0,622	0,545	1
Agilidade/Equilíbrio dinâmico	4,161	0,001	0,01
Capacidade aeróbia	-2,265	0,041	0,41
Equilíbrio pé direito olho aberto	-3,865	0,002	0,02
Equilíbrio pé direito olho fechado	-1,349	0,200	1
Equilíbrio pé esquerdo olho aberto	-1,351	0,200	1
Equilíbrio pé esquerdo olho fechado	-2,240	0,043	0,43

pcor: valor de significância corrigido por Bonferroni

Quadro 9 - Resultados referentes ao teste-t pareado realizado sobre o desempenho do grupo Controle na bateria de testes funcionais e testes de equilíbrio.

Controle	t	p	pcor
Força de MMII	0,096	0,925	1
Força de MMSS	-0,370	0,718	1
Flexibilidade de MMII	-0,117	0,908	1
Flexibilidade de MMSS	1,586	0,139	1
Agilidade/Equilíbrio dinâmico	2,072	0,060	0,6
Capacidade aeróbia	-1,020	0,328	1
Equilíbrio pé direito olho aberto	1,115	0,287	1
Equilíbrio pé direito olho fechado	2,719	0,019	0,19
Equilíbrio pé esquerdo olho aberto	1,102	0,292	1
Equilíbrio pé esquerdo olho fechado	-0,704	0,495	1

pcor: valor de significância corrigido por Bonferroni

Quadro 10 - Resultados referentes ao teste-t pareado realizado sobre os valores dos volumes das estruturas corticais e subcorticais do programa Condicionamento Físico

Estrutura	t	p	p cor
Giro Pré Central esquerdo	0,408	0,690	1
Giro Subcentral esquerdo	0,823	0,427	1
Sulco central esquerdo	-1,457	0,171	1
Sulco pré-central porção inferior esquerdo	-0,520	0,612	1
Sulco pré-central porção superior esquerdo	0,772	0,455	1
Giro pré central direito	-1,023	0,326	1
Giro Subcentral direito	-1,477	0,165	1
Sulco central direito	-0,625	0,543	1
Sulco pré-central porção inferior direito	-1,345	0,204	1
Sulco pré-central porção superior direito	-1,356	0,200	1
Córtex cerebelar esquerdo	-0,255	0,803	1
Tálamo esquerdo	1,367	0,197	1
Caudado esquerdo	-0,613	0,552	1
Putamem esquerdo	-1,226	0,244	1
Globo Pálido esquerdo	-0,437	0,670	1
Hipocampo esquerdo	-1,293	0,220	1
Amígdala esquerda	-0,949	0,361	1
Córtex cerebelar direito	-2,651	0,021	1
Tálamo direito	-1,205	0,251	1
Caudado direito	1,679	0,119	1
Putamem direito	-0,106	0,918	1

Globo Pálido direito	-0,080	0,938	1
Hipocampo direito	-1,210	0,249	1
Amígdala direita	0,759	0,462	1
Tronco escefálico	0,579	0,574	1
Giro frontal inferior porção opercular esquerda	-2,250	0,044	1
Giro frontal inferior porção orbitária esquerda	1,449	0,173	1
Giro frontal inferior porção triangular esquerda	0,116	0,909	1
Giro frontal médio esquerdo	-0,359	0,726	1
Giro frontal superior esquerdo	0,779	0,451	1
Sulco frontomarginal esquerdo	1,288	0,222	1
Giro angular esquerdo	-0,445	0,664	1
Giro supramarginal esquerdo	0,619	0,548	1
Lóbulo parietal superior esquerdo	-0,344	0,737	1
Giro pós central esquerdo	2,273	0,042	1
Giro frontal inferior porção opercular direito	-0,878	0,397	1
Giro frontal inferior porção orbitária direito	-0,079	0,938	1
Giro frontal inferior porção triangular direito	-0,289	0,778	1
Giro frontal médio direito	-0,264	0,796	1
Giro frontal superior direito	-1,067	0,307	1
Sulco frontomarginal direito	-0,885	0,394	1
Giro angular direito	-1,018	0,329	1
Giro supramarginal direito	-1,072	0,305	1
Lóbulo parietal superior direito	-1,337	0,206	1
Giro pós central direito	-0,732	0,478	1

pcor: valor de significância corrigido por Bonferroni

Quadro 11 - Resultados referentes ao teste-t realizado sobre os valores dos volumes das estruturas corticais e subcorticais do programa Jogos.

Estrutura	t	p	p cor
Giro Pré Central esquerdo	-1,451	0,172	1
Giro Subcentral esquerdo	-2,194	0,049	1
Sulco central esquerdo	0,770	0,456	1
Sulco pré-central porção inferior esquerdo	0,144	0,888	1
Sulco pré-central porção superior esquerdo	-0,075	0,941	1
Giro pré central direito	-0,357	0,728	1
Giro Subcentral direito	0,292	0,775	1
Sulco central direito	1,526	0,153	1
Sulco pré-central porção inferior direito	1,551	0,147	1
Sulco pré-central porção superior direito	0,899	0,386	1

Córtex cerebelar esquerdo	-2,949	0,012	0,54
Tálamo esquerdo	1,695	0,116	1
Caudado esquerdo	1,192	0,256	1
Putamem esquerdo	0,816	0,431	1
Globo Pálido esquerdo	-0,110	0,914	1
Hipocampo esquerdo	-1,398	0,187	1
Amígdala esquerda	0,065	0,950	1
Córtex cerebelar direito	-0,944	0,364	1
Tálamo direito	-2,789	0,016	0,72
Caudado direito	0,963	0,354	1
Putamem direito	-0,610	0,553	1
Globo Pálido direito	0,399	0,697	1
Hipocampo direito	-1,140	0,276	1
Amígdala direita	-1,017	0,329	1
Tronco escefálico	-1,293	0,220	1
Giro frontal inferior porção opercular esquerda	-1,301	0,218	1
Giro frontal inferior porção orbitária esquerda	-0,909	0,381	1
Giro frontal inferior porção triangular esquerda	-0,752	0,466	1
Giro frontal médio esquerdo	-1,192	0,256	1
Giro frontal superior esquerdo	-1,211	0,249	1
Sulco frontomarginal esquerdo	-0,434	0,672	1
Giro angular esquerdo	-1,107	0,290	1
Giro supramarginal esquerdo	-1,420	0,181	1
Lóbulo parietal superior esquerdo	-0,736	0,476	1
Giro pós central esquerdo	-1,046	0,316	1
Giro frontal inferior porção opercular direito	0,918	0,377	1
Giro frontal inferior porção orbitária direito	-0,520	0,613	1
Giro frontal inferior porção triangular direito	-1,404	0,186	1
Giro frontal médio direito	-0,533	0,604	1
Giro frontal superior direito	-0,225	0,826	1
Sulco frontomarginal direito	0,361	0,725	1
Giro angular direito	-1,047	0,316	1
Giro supramarginal direito	0,937	0,367	1

Lóbulo parietal superior direito	1,438	0,176	1
Giro pós central direito	0,937	0,367	1

pcor: valor de significância corrigido por Bonferroni

Quadro 12 - Resultados referentes ao teste-t realizado sobre os valores dos volumes das estruturas corticais e subcorticais do grupo Controle

Estrutura	t	p	p cor
Giro Pré Central esquerdo	0,960	0,356	1
Giro Subcentral esquerdo	-0,166	0,871	1
Sulco central esquerdo	0,962	0,355	1
Sulco pré-central porção inferior esquerdo	-0,505	0,623	1
Sulco pré-central porção superior esquerdo	0,120	0,906	1
Giro pré central direito	-1,501	0,159	1
Giro Subcentral direito	-1,355	0,200	1
Sulco central direito	-1,118	0,285	1
Sulco pré-central porção inferior direito	-1,643	0,126	1
Sulco pré-central porção superior direito	-1,354	0,201	1
Córtex cerebelar esquerdo	-0,163	0,874	1
Tálamo esquerdo	-0,370	0,718	1
Caudado esquerdo	-1,179	0,261	1
Putamem esquerdo	-1,608	0,134	1
Globo Pálido esquerdo	0,120	0,906	1
Hipocampo esquerdo	-0,462	0,652	1
Amígdala esquerda	-0,338	0,741	1
Córtex cerebelar direito	-0,486	0,636	1
Tálamo direito	-0,627	0,542	1
Caudado direito	0,289	0,778	1
Putamem direito	-0,505	0,623	1
Globo Pálido direito	-0,0827	0,424	1
Hipocampo direito	0,179	0,861	1
Amígdala direita	0,366	0,721	1
Tronco escefálico	-0,035	0,973	1
Giro frontal inferior porção opercular esquerda	0,313	0,759	1

Giro frontal inferior porção orbitária esquerda	0,275	0,788	1
Giro frontal inferior porção triangular esquerda	-0,895	0,388	1
Giro frontal médio esquerdo	0,415	0,685	1
Giro frontal superior esquerdo	-1,011	0,332	1
Sulco frontomarginal esquerdo	0,211	0,836	1
Giro angular esquerdo	0,008	0,994	1
Giro supramarginal esquerdo	-0,857	0,408	1
Lóbulo parietal superior esquerdo	-1,212	0,249	1
Giro pós central esquerdo	0,694	0,501	1
Giro frontal inferior porção opercular direito	-1,498	0,160	1
Giro frontal inferior porção orbitária direito	-0,554	0,590	1
Giro frontal inferior porção triangular direito	-1,005	0,335	1
Giro frontal médio direito	-1,249	0,235	1
Giro frontal superior direito	-1,537	0,150	1
Sulco frontomarginal direito	-0,249	0,808	1
Giro angular direito	-1,106	,290	1
Giro supramarginal direito	-1,707	0,114	1
Lóbulo parietal superior direito	-1,139	0,277	1
Giro pós central direito	-1,320	0,211	1

pcor: valor de significância corrigido por Bonferroni

Quadro 13 - Resultados referentes ao *anova-one-way* dos deltas dos volumes das estruturas corticais e subcorticais, dos programas de exercícios físicos e do grupo controle.

Estrutura	F	p	pcor
Giro frontal inferior porção opercular esquerda	1,244	0,300	1
Giro frontal inferior porção orbitária esquerda	1,214	0,309	1
Giro frontal inferior porção triangular esquerda	0,381	0,686	1
Giro frontal médio esquerdo	1,179	0,319	1
Giro frontal superior esquerdo	1,351	0,272	1
Sulco frontomarginal esquerdo	0,687	0,510	1
Giro angular esquerdo	0,823	0,447	1
Giro supramarginal esquerdo	1,375	0,266	1
Lóbulo parietal superior esquerdo	0,157	0,855	1
Giro pós central esquerdo	1,888	0,166	1
Giro Pré Central esquerdo	2,256	0,119	1
Giro Subcentral esquerdo	3,341	0,047	1

Sulco central esquerdo	0,046	0,955	1
Sulco pré-central porção inferior esquerdo	0,138	0,871	1
Sulco pré-central porção superior esquerdo	0,221	0,803	1
Giro frontal inferior porção opercular direito	1,566	0,223	1
Giro frontal inferior porção orbitária direito	0,108	0,898	1
Giro frontal inferior porção triangular direito	0,125	0,883	1
Giro frontal médio direito	0,495	0,614	1
Giro frontal superior direito	1,028	0,368	1
Sulco frontomarginal direito	0,322	0,727	1
Giro angular direito	0,322	0,727	1
Giro supramarginal direito	1,781	0,183	1
Lóbulo parietal superior direito	1,807	0,179	1
Giro pós central direito	1,211	0,310	1
Giro pré central direito	0,932	0,403	1
Giro Subcentral direito	1,111	0,340	1
Sulco central direito	3,341	0,057	1
Sulco pré-central porção inferior direito	2,768	0,076	1
Sulco pré-central porção superior direito	1,546	0,227	1
Córtex cerebelar esquerdo	1,324	0,279	1
Tálamo esquerdo	1,331	0,277	1
Caudado esquerdo	1,264	0,295	1
Putamem esquerdo	1,818	0,177	1
Globo Pálido esquerdo	0,084	0,920	1
Tronco escefálico	0,406	0,669	1
Hipocampo esquerdo	0,262	0,771	1
Amígdala esquerda	0,548	0,583	1
Córtex cerebelar direito	1,371	0,267	1
Tálamo direito	0,173	0,842	1
Caudado direito	0,105	0,900	1
Putamem direito	0,364	0,698	1
Globo Pálido direito	0,370	0,693	1
Hipocampo direito	0,773	0,469	1
Amígdala direita	0,650	0,528	1

pcor: valor de significância corrigido por Bonferroni