

WANTUIR FRANCISCO SIQUEIRA JACINI

**EFEITO DO TREINAMENTO FÍSICO EM JUDOCAS
E CORREDORES FUNDISTAS DE ALTO NÍVEL
NA PLASTICIDADE NEURAL**

CAMPINAS

2007

WANTUIR FRANCISCO SIQUEIRA JACINI

**EFEITO DO TREINAMENTO FÍSICO EM JUDOCAS
E CORREDORES FUNDISTAS DE ALTO NÍVEL
NA PLASTICIDADE NEURAL**

*Dissertação de Mestrado apresentada à pós-graduação da
Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de
Campinas para a obtenção do título de Mestre em Fisiopatologia
Médica, área de concentração em Neurociências.*

ORIENTADOR: DR. LI LI MIN

CAMPINAS

2007

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA UNICAMP**

Bibliotecário: Sandra Lúcia Pereira – CRB-8ª / 6044

J119e Jacini, Wantuir Francisco Siqueira
Efeito do treinamento físico em judocas e corredores fundistas de alto nível na plasticidade neural / Wantuir Francisco Siqueira Jacini. Campinas, SP : [s.n.], 2007.

Orientador : Li Li Min
Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Ciências Médicas.

1. Exercícios físicos. 2. Ressonância magnética. 3. Judô. 4. Corrida. 5. Plasticidade Neuronal. I. Li, Li Min. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

Título em inglês : Effect of physical practice in professional judo players and long distance runners on neural plasticity

Keywords: • Physical exercises
• Magnetic resonance
• Judo
• Running
• Neuronal Plasticity

Titulação: Mestre em Fisiopatologia Médica
Área de concentração: Neurociências

Banca examinadora: Prof Dr Li Li Min
Prof Dr Ricardo Mario Arida
Prof Dr Roger Frigério Castilho

Data da defesa: 15 - 02 - 2007

Banca examinadora de Dissertação de Mestrado

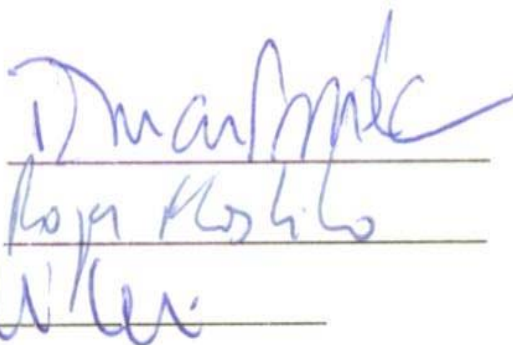
Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Li Li Min

Membros:

Professor (a) Doutor (a) Ricardo Mario Arida

Professor (a) Doutor (a) Roger Frigério Castilho

Professor (a) Doutor (a) Li Li Min



Three handwritten signatures in blue ink are positioned to the right of the names. The first signature is for Ricardo Mario Arida, the second for Roger Frigério Castilho, and the third for Li Li Min.

Curso de pós-graduação Fisiopatologia Médica da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

Data: 15/02/2007

DEDICATÓRIA

A minha família.

A todas as pessoas que de alguma forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho, para minha formação como pesquisador e para minha vida.

Ao meu orientador professor Dr. LI Li Min, de grande importância na realização do meu trabalho, e que guiou meus passos durante o período de dois anos de mestrado.

Ao professor Dr. Fernando Cendes, que sempre estava presente para conversar e tirar dúvidas.

A minha querida madrinha Dra. Paula Teixeira Fernandes, grande amiga de todos os momentos, além do auxílio fundamental na conclusão do meu trabalho (eu teria que escrever uma tese a respeito da contribuição dela).

A companheira de mestrado Gianna Carla Canonieri, trocamos muitas idéias a respeito do nosso trabalho além de trabalharmos juntos, e descobrimos que o computador não é tão assustador.

A companheira de mestrado Paula Datti Mariusso, sempre tivemos muitos debates éticos e religiosos, e ainda foi a santa que operou a máquina de ressonância.

Ao professor Dr. Leonardo Bonilha, pela colaboração fundamental nos processamentos e nas análises dos resultados.

A Dra. Ana Lúcia Kanashiro Noronha, grande amiga de todos os momentos.

Aos professores de fundamental importância na minha iniciação científica no Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Dra. Rosália Mendez Otero e Dr. Marcelo Felipe Santiago.

A professora Dra. Sylvia Maria Ciasca (madrinha) que será peça fundamental no meu doutorado.

A professora Dra. Vanda Maria Gimenes Gonçalves, pessoa que tenho muito carinho.

A Dra. Maria Imaculada Merlin (madrinha), muito importante nas horas de desabafo e que tenho muito carinho.

A enfermeira Solaine..., pessoa de coração bom, uma das melhores pessoas que encontrei aqui na UNICAMP.

Ao professor Ricardo D'Angelo pelo auxílio com o grupo de corredores.

Aos professores Sergio Baldijão e João Gonsolves do Esporte Clube Pinheiros, pelo auxílio com o grupo de judocas.

Ao pessoal do Disapre (Laboratório de Pesquisa em Distúrbios, Dificuldades de Aprendizagem e Déficit de Atenção), novos amigos e que estaremos juntos na nova caminhada (em especial aos amigos: Iramaia Massoni, Ricardo, Dra. Márcia Toledo, Taís).

Camarão que dorme a onda leva.

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Neuroimagem do Departamento de Neurologia, Faculdade de Ciências Médicas, localizado no Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) sob orientação do Professor Dr. Li Li Min, na vigência do auxílio concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

	<i>PÁG.</i>
RESUMO.....	<i>xxxiii</i>
ABSTRACT.....	<i>xxxix</i>
INTRODUÇÃO.....	45
Exercícios físicos.....	47
Benefícios neurais dos exercícios físicos.....	48
Exercício físico e plasticidade neural.....	49
Células progenitoras no sistema nervoso central adulto.....	51
Exercícios físicos e neurogênese.....	53
Estudo da neuroplasticidade em humanos.....	54
Corrida x Judô.....	55
JUSTIFICATIVA.....	57
OBJETIVOS.....	61
METODOLOGIA.....	65
Sujeitos.....	67
Procedimento.....	68
Aquisição de RM estrutural.....	68
FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	69
Protocolo de morfometria baseada em voxel.....	69
Análise estatística.....	72
Correção dos resultados estatísticos.....	72

RESULTADOS.....	75
Resultados do grupo de judocas.....	77
Resultados do grupo de corredores fundistas.....	84
Comparação entre os grupos: Corredores fundistas e judoca.....	89
DISCUSSÃO.....	93
CONCLUSÃO.....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
APÊNDICES.....	115
Apêndice 1- Formulário de consentimento para pesquisa médica aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas.....	117
Apêndice 2- Trabalho apresentado no congresso: 12th Annual Meeting Human Brain Mapping, June 11 - 15, 2006 Florence, Italy.....	123

LISTA DE ABREVIATURAS

BDNF	<i>brain derived growth factor</i> . Fator de crescimento derivado do cérebro.
CSC	Concentração de substância cinzenta.
DP	Desvio padrão.
EGF	<i>epidermal growth factor</i> . Fator de crescimento epidermal.
FDR	<i>False discovery rate</i> . Algoritmo de correção por múltiplas comparações, para eliminar achados falso-positivos.
FGF 2	<i>fibroblast growth factor 2</i> . Fator de crescimento de fibroblasto 2.
IGF-1	<i>Insulin like growth factor</i> . Fator de crescimento insulina-símile-1.
LTP	<i>long term potentiation</i> . Potenciais de longa duração.
NGF	<i>nerve growth factor</i> . Fator de crescimento neurotrófico.
RM	Ressonância magnética.
SNC	Sistema nervoso central.
VBM	<i>Voxel based morphometry</i> . Morfometria baseada em voxels.

	PÁG.
Tabela 1- Características principais do grupo de judocas e do seu respectivo grupo de controles.....	77
Tabela 2- Áreas motoras do córtex cerebral e o número de voxels que apresentaram aumento na concentração de substância cinzenta....	80
Tabela 3- Áreas do córtex cerebral relacionadas a planejamento e o número de voxels que apresentaram aumento na concentração de substância cinzenta.....	80
Tabela 4- Áreas do córtex cerebral relacionadas à concentração e o número de voxels, que apresentaram aumento na concentração de substância cinzenta.....	81
Tabela 5- Áreas do córtex cerebral relacionadas à visão e o número de voxels que apresentaram aumento na concentração de substância cinzenta.....	81
Tabela 6- Áreas do córtex cerebral relacionadas à visão e o número de voxels que apresentaram aumento na concentração de substância cinzenta.....	82
Tabela 7- Áreas do córtex cerebelar relacionadas à aprendizagem motora e o número de voxels que apresentaram aumento na concentração de substância cinzenta.....	82
Tabela 8- Características principais do grupo de corredores e do seu respectivo grupo de controles.....	84
Tabela 9- Essa tabela representa a quantidade total do número de voxels que apresentaram aumento, diminuição e a diferença entre aumento e diminuição na CSC no córtex cerebral e cerebelar.....	87

Tabela 10-	Essa tabela representa a quantidade total do número de voxels que apresentaram aumento na CSC no córtex cerebral separado por lobo.....	87
Tabela 11-	Essa tabela representa a quantidade total do número de voxels que apresentaram diminuição na CSC no córtex cerebral separado por lobo.....	87
Tabela 12-	Essa tabela representa a diferença entre aumento e diminuição em CSC, na quantidade total do número de voxels no córtex cerebral separado por lobo.....	88
Tabela 13-	Essa tabela representa uma comparação (separado por cérebro e cerebelo) da diferença entre aumento e diminuição em concentração de substância cinzenta no grupo de corredores com a quantidade total do número de voxels no córtex cerebral do grupo de judocas.....	90
Tabela 14-	Essa tabela representa uma comparação (separado por lobo) da diferença entre aumento e diminuição em concentração de substância cinzenta no grupo de corredores com a quantidade total do número de voxels no córtex cerebral do grupo de judocas.....	90

- Figura 1-** Figura ilustrada por imagens suavizadas, e demonstra cortes sagitais com o mapa estatístico sobreposto em um espaço padrão do grupo de judocas. A escala representa a quantidade de aumento na concentração de substância cinzenta, onde quanto mais claro, maior a alteração e quanto mais escuro, menor. O pré-processamento foi realizado utilizando-se os softwares MRIcro, SPM2, usando VBM2 toolbox de Christian Gaser e template feito a partir de 83 controles. Estatística foi feita com o software NPM, e os resultados foram obtidos com o teste Wilcoxon (voxel a voxel), comparando os judocas (n=8) com os controles homens (n=18). Resultados corrigidos para comparações múltiplas FDR = 0.05..... 79
- Figura 2-** Essa figura é ilustrada por imagens suavizadas e demonstra cortes sagitais com o mapa estatístico sobreposto em um espaço padrão. A escala representa a quantidade de aumento ou diminuição na concentração de substância cinzenta, onde quanto mais claro maior a alteração e quanto mais escuro menor; quanto mais azul menor a diminuição e quanto mais verde maior. O pré-processamento foi realizado utilizando os softwares MRIcro, SPM2, usando VBM2 toolbox de Christian Gaser, e template feito a partir de 83 controles. A estatística foi realizada com o software NPM, e os resultados obtidos com o teste Wilcoxon (voxel a voxel), comparando os corredores (n = 8) com os controles homens (n = 20). Resultados corrigidos para comparações múltiplas FDR = 0.05..... 86

	PÁG.
Gráfico 1- Este gráfico demonstra a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm ³) no SNC que apresentaram aumento na CSC no grupo de judocas profissionais, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e cérebro + cerebelo.....	83
Gráfico 2- Este gráfico demonstra a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm ³) no SNC que apresentaram aumento na CSC no grupo de judocas profissionais, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.....	83
Gráfico 3- Gráfico demonstrando a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm ³) no SNC que apresentaram aumento ou diminuição na CSC no grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e cérebro + cerebelo.....	88
Gráfico 4- Gráfico demonstrando a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm ³) no SNC que apresentaram aumento ou diminuição na CSC no grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.....	89
Gráfico 5- Gráfico demonstrando a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm ³) no SNC que apresentaram aumento na CSC no grupo de judocas profissionais comparado com as diferenças entre diminuição e aumento na CSC do grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e cérebro + cerebelo.....	91

Gráfico 6-	Gráfico demonstrando a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm ³) no SNC que apresentaram aumento na CSC no grupo de judocas profissionais comparado com as diferenças entre diminuição e aumento na CSC do grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.....	91
-------------------	--	----

RESUMO

Estudos experimentais têm sugerido que a prática de exercícios físicos associados a treinamento, planejamento e execução de movimentos complexos causam alterações estruturais no sistema nervoso. Essas podem refletir modificações benéficas à plasticidade cerebral, em resposta ao aumento da atividade imposta pela aprendizagem motora e exercícios físicos. Todavia, efeitos estruturais, com potencial implicação para o auxílio em reabilitação de problemas neurológicos, não são bem entendidos. A prática de judô demanda planejamento de atividades motoras complexas e exercícios físicos. A prática de corrida de fundo demanda pouca aprendizagem motora e contém exercícios físicos. Nosso objetivo foi Investigar variações no volume de substância cinzenta estimulada pela prática de judô e corrida de fundo através de morfometria baseada em voxels (VBM) em imagens de ressonância magnética (RM).

Imagens de RM foram feitas em atletas de judô, de corrida de fundo e não atletas em um scanner de 2T (Elscent Prestige, Haifa, Israel). VBM foi feita usando os programas de análise matemática estatística de imagem (*Statistical Parametric Mapping*, SPM 2 e Matlab 7.0), utilizando imagens em T1 e voxels isotrópicos de 1mm. Os mapas probabilísticos com a substância cinzenta foram comparados voxel a voxel usando teste t-student para determinar diferenças significativas na CSC entre os grupos. Os resultados finais foram corrigidos por um algoritmo de correção para achados falso-positivos (*False Discovery Rate* - FDR) que minimiza o efeito das múltiplas comparações e eleva a sensibilidade do resultado final.

Foram encontrados aumentos significativos no volume de substância cinzenta, no grupo de judocas em diversas áreas, descritas a seguir:

Motoras primárias e suplementar no hemisfério esquerdo: giro pré-central (227 voxels); giro frontal superior (398 Voxels); giro frontal médio (34 Voxels); área motora suplementar (196 Voxels). E no hemisfério direito: área motora suplementar (51 Voxels).

Áreas relacionadas a planejamento no hemisfério esquerdo: giro frontal inferior triangular (418 Voxels); rolando opercular (62 Voxels); giro frontal médio orbital (56 Voxels); giro reto (69 Voxels). No hemisfério direito, giro frontal inferior triangular, (162 Voxels) e giro reto (517 Voxels).

Áreas relacionadas a concentração no hemisfério esquerdo: giro frontal superior orbital (357 Voxels); giro frontal médio orbital (305 Voxels); giro frontal inferior opercular (530 Voxels). No hemisfério direito: giro frontal superior orbital (283 Voxels); giro frontal inferior opercular (472 Voxels).

Região dos lobos occipital e parietal, em áreas relacionadas à visão e associativas no hemisfério esquerdo: giro occipital médio (133 Voxels); giro parietal superior (435 Voxels); giro parietal inferior (46 Voxels). No hemisfério direito: giro occipital superior (169 Voxels); giro parietal superior (114 Voxels).

Região do lobo temporal em áreas relacionadas à memória do hemisfério esquerdo: lóbulo para central (55 Voxels); giro temporal médio (326 Voxels); giro temporal inferior (1040 Voxels). No hemisfério direito: giro temporal médio (122 Voxels); giro temporal inferior (398 Voxels).

Também foram encontrados aumento na concentração de substância cinzenta, no cerebelo em áreas relacionadas a aprendizagem motora no hemisfério esquerdo: cerebelo 1 (32 Voxels); cerebelo 7b (51 Voxels). No hemisfério direito: cerebelo 6 (29 Voxels).

No grupo de corredores fundistas, encontramos alterações significativas, com aumentos e diminuições na concentração de substância cinzenta em diversas áreas. Diferentemente do que foi descrito no grupo de judocas, o grupo de corredores apresentou aumento e diminuição na concentração de substância cinzenta em áreas muito difusas. As alterações foram encontradas nas seguintes áreas:

Na região do lobo frontal: houve aumento no volume de substância cinzenta de 14.457 voxels, entretanto apresentou uma diminuição de 5.720 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria ganho, foi de 8.737 voxels.

Na região do lobo temporal e na insula foram encontradas mais diminuição que aumento: houve aumento no volume de substância cinzenta de 1.629 voxels, entretanto apresentou uma diminuição muito maior, de 9.580 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria perda, foi negativa em 7951 voxels.

Região do lobo parietal foi encontrado aumento superior a diminuição no volume de substância cinzenta: houve aumento no volume de substância cinzenta de 11.298 voxels, enquanto apresentou uma diminuição de 10.725 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria ganho, foi de 573 voxels.

Região do lobo occipital foi encontrado aumento superior a diminuição no volume de substância cinzenta: houve aumento no volume de substância cinzenta de 4.241 voxels, enquanto apresentou uma diminuição de 1.047 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria ganho, foi de 3.194 voxels.

Também foram encontrados mais aumento que diminuição no volume de substância cinzenta no cerebelo: houve aumento no volume de substância cinzenta de 10.117 voxels, enquanto apresentou uma diminuição de 7.778 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria ganho, foi de 2.339 voxels.

Sugerimos que a prática de esportes resulte em alterações morfológicas no córtex motor primário, cerebelo e áreas associativas. Nossos achados sugerem que planejamento motor e execução de movimento, associada a prática de exercícios físicos podem induzir melhoras na plasticidade cerebral, e justificar o uso de esportes na reabilitação de doenças neurológicas.

Treinamento físico em atletas judocas e corredores fundistas induz a plasticidade neural.

A magnitude da plasticidade neural são diferentes nessas duas modalidades, sugerindo que as mudanças podem ser específicas de acordo com a modalidade desportiva.

O mecanismo da indução da plasticidade neural pode ser relacionado a aprendizagem motora como visto nos judocas ou relacionado a possíveis efeitos de fatores troficos e hormonais no cérebro liberados durante o exercício físico prolongado como visto nos corredores fundistas.

ABSTRACT

The regular practice of physical exercises can stimulate the cerebral plasticity, caused a great benefit consequently, to a healthy nervous system. This phenomenon are induced by increases the liberation of many local trophic factor as nerve growth factor (NGF), brain derived neurotrophic factor (BDNF) and fibroblast growth factor - 2 (FGF - 2). These local trophic factor are responsible for cell surviving, a best resistance to nervous system insults and increases the neuronal connections. Moreover, motor learning was described at literature as an interesting alternative to improve cerebral plasticity, also increasing local trophic factors. Experimental studies have suggested that physical exercise encompassing practice, planning and execution of complex movements is associated with changes in brain structure. These changes possibly reflect plastic modifications of the cortical mantle in response to an enhanced demand imposed by the motor task. In humans, cortical plasticity in relation to physical activities is yet to be fully determined and quantified. Moreover, the effects of physical exercise on brain structure, with intrinsic potential implications for rehabilitation of brain damage, are not fully understood. The practice of judo, as physical exercise, demands complex motor planning and control. The practice of long distance running demands mainly physical exercise. To investigate the variations of gray matter volume stimulated by the practice of judo, a physical exercise involved with complex motor planning and control, by using MRI voxel based morphometry (VBM).

Eight judo, eight long distance runners and healthy controls were enrolled in this study. MRI was performed in a 2T scanner (Elscent Prestige Haifa, Israel). VBM was performed using the software package SPM 2, on T1-weighted images with 1 mm isotropic voxels. The resulting gray matter concentration (GMC) probabilistic maps were compared, voxel-by-voxel, using a t-test, in order to determine differences in white and gray matter concentration between controls and judo practitioners. Contrasts were defined in order to estimate the probability of each voxel being gray matter. Statistical results were correct by for multiple comparisons using FDR (false discovery rate).

We found significative changes compatible with gray matter increases in the judo players group in many different areas. The increases in gray matter volume are related with the enhanced areas where are neuron cells present, and their was found areas such as:

In the region of the frontal lobe; motor areas primary and supplementary in the left hemisphere: pre-central gyrus, (227 voxels); frontal superior gyrus (398 Voxels); frontal middle gyrus (34 Voxels); supplementary motor area (196 Voxels). In the right hemisphere: supplementary motor area (51 Voxels).

We also found planning related areas compatible with motor actions in the left hemisphere: frontal inferior triangular gyrus (418 Voxels); rolandic opercular, (62 Voxels); frontal middle orbital gyrus (56 Voxels); rectus gyrus (69 Voxels). In the right hemisphere: frontal inferior triangular gyrus (162 Voxels); rectus gyrus, (517 Voxels).

Concentration related areas in the left hemisphere: frontal superior orbital gyrus (357 Voxels); frontal middle orbital gyrus (305 Voxels); frontal inferior opercular gyrus (530 Voxels). In the right hemisphere: frontal superior orbital gyrus (283 Voxels); frontal inferior opercular gyrus (472 Voxels).

Region of the parietal e occipital lobes, vision and associative related areas in the left hemisphere: occipital middle gyrus (133 Voxels); parietal superior gyrus (435 Voxels); parietal inferior gyrus (46 Voxels). In the right hemisphere: occipital superior gyrus (169 Voxels); parietal superior gyrus (114 Voxels).

Region of the temporal lobe; memory related areas in the left hemisphere: para central temporal middle gyrus (326 Voxels); temporal inferior gyrus (1040 Voxels). In the right hemisphere: temporal middle gyrus (122 Voxels); temporal inferior gyrus (398 Voxels).

There were also found GMC increases in the cerebella left hemisphere: cerebellum 1 (32 Voxels); cerebellum 7b (51 Voxels). In the right hemisphere cerebellum 6 (29 Voxels).;

On the running group we found many significative alterations when comparing with the health control group. We found increases and diminution on gray matter volume in several areas.

The increases or diminution on gray matter volume is compatible with the increases or diminution in the areas where are the presence of more neuronal cell concentration. Differently of what we found in our previous study with judo group, the running group

demonstrate an increase and diminution on gray matter volume in many and diffuse inespecific areas. That alteration was mostly incompatible between this areas functions and the stimulus of running.

The areas where was found increases and diminution of gray matter concentration was: in the region of frontal lobe we found an increase of 14.457 voxels, however this region demonstrated a decrease of 5.720 voxels. The difference between increase and decrease was 8.737 voxels.

In the region of temporal lobe and insula was found more diminution then increases in related memory areas Increase in grey matter volume: the increase in grey matter volume was 1.629 voxels, however the decrease was much bigger, 9.580 voxels. The difference between increase and decrease was negative in 7.951 voxels.

In the region of parietal lobe was found more increases then diminution in grey matter volume: the increase in grey matter volume was 11.298 voxels, however the decrease was 10.725 voxels. The difference between increase and decrease that represents a gain was 573 voxels.

In the region of parietal lobe was found more increases then diminution in grey matter volume: the increase in grey matter volume was 4.241 voxels, however the decrease was 1.047 voxels. The difference between increase and decrease that represents a gain was 3.194 voxels.

There were also found increases in the gray matter concentration in the cerebella in motor learning, motor memory and postural control related areas Increase in GMC: the increase in grey matter volume was 10.117 voxels, however the decrease was 7.778 voxels. The difference between increase and decrease that represents a gain was 2.339 voxels.

Our findings suggest that motor planning and execution, embedded in sport practice, including judo, can induce plasticity related changes in the brain. These findings can justify the use of sports for rehabilitation of brain injuries such as cerebral palsy or stroke.

The physical practice in judo players and long distance runners can increase neural plasticity.

The increases of neural plasticity are different between this two sport modalities, suggesting that the change can be specific according to sport modalities.

The mechanisms of neural plasticity increases can be related to motor skill as was shown in the judo players group or related to possible effects of tropic factors or hormonal released during prolonged physical exercises as shown in the long distance runners group.

INTRODUÇÃO

Exercícios físicos

Exercícios físicos podem ser definidos como uma ação ou uma série de ações corporais com o objetivo de desenvolver aptidão física. Essas ações são concebidas e prescritas para prática regular ou repetida como meio de ganhar força, destreza, agilidade ou competência geral em algum tipo de atividade física (Åstrand, et al. 2006).

Existem evidências científicas demonstrando que o sedentarismo, a falta de exercícios físicos e prática desportiva (Flegal, et al. 2004) ou a prática de exercícios físicos de forma inadequada, com pouca frequência e intensidade inadequada (Carlsson, et al. 2006), somado a uma qualidade de vida ruim, caracterizada pelo estilo de vida contemporâneo, com muito trabalho e poucas horas de lazer e maus hábitos alimentares, tornaram-se grandes vilões da saúde pública (Bouchard, et al. 1994).

Dessa forma, o sedentarismo torna-se o grande causador de diversos problemas, como obesidade (Raustorp, et al. 2006), doenças cardiovasculares (McGavock, et al. 2006), diabetes tipo 2 (Samuel-Hodge, et al. 2006), câncer (Kushi, et al. 2006) e depressão (Dishman, et al. 2004).

A prática regular e corretamente orientada de exercícios físicos pode gerar diversos benefícios à saúde (Carlsson, et al. 2006).

É extremamente recomendada por diversas entidades médicas voltadas para a promoção de saúde, tais como Ministério da Saúde (Pactos pela saúde volume 7, 2006), OMS (Organização Mundial de Saúde) (Regional Committee for Europe at its forty-eighth session, Copenhagen, September 1999), e *American Heart Association Nutrition Committee* (Lichtenstein, et al. 2006).

A prática regular e corretamente orientada de exercícios físicos ou esportes pode gerar diversos benefícios a saúde, entre eles estão:

- Benefícios cardiovasculares (Wallace, et al. 2003): Hipertrofia do músculo estriado cardíaco, causada pela prática principalmente de atividades aeróbicas é responsável pela melhora na capacidade de contratilidade do músculo estriado cardíaco.

Controle de fatores de risco relacionados a doenças cardiovasculares: tais como lipoproteínas e ácidos graxos, fatores diretamente implicados em obstrução arterial e arteriosclerose (Pescatello, et al. 2004). Controle da pressão arterial causado pela diminuição da resistência periférica (Staffileno, e Coke, 2006).

- Benefícios musculares (Suominen, et al. 2006): Hipertrofia muscular, responsável pelo aumento da capacidade de contração muscular e por consequência aumento de força, o que facilita a realização de trabalhos cotidianos (Capodaglio, et al. 2006).
- Aumento de massa óssea (Rideout, et al. 2006): O stress ósseo causado pela contração muscular somado a uma maior produção e liberação de determinados hormônios, aumenta a fixação de cálcio nos ossos. Esse incremento na mineralização óssea é capaz de prevenir efeitos causados pela osteoporose.
- Controle da massa corporal (Yancey, et al. 2006): Uma maior atividade física causa aumentos no consumo energético, que está relacionado ao consumo das reservas energéticas do organismo, armazenadas em forma de ácidos graxos no tecido adiposo. Dessa forma reduz o acúmulo de gordura e por consequência diminuindo o peso.

Benefícios neurais dos exercícios físicos

Alguns estudos demonstraram que a prática de exercícios físicos (Cotman & Berchtold, 2002) e aprendizagem motora (Gould, et al. 1999) podem estimular a plasticidade neural em animais experimentais.

Em doenças neurodegenerativas como Alzheimer e Parkinson (Stevens e Killeen. 2006; Dibble, et al. 2006), o exercício físico têm efeito benéfico ao diminuir o depósito e a produção de placa β -Amilóide (causadora de morte celular, e por consequência a degeneração do SNC) no parênquima cerebral (Briones, 2006; Larson, et al. 2006).

Dois mecanismos que explicariam isso são descritos como:

- A diminuição dos níveis plasmáticos de ácidos graxos (a placa β -Amiloide é composta pela proteína precursora de β -amilóide – APP - *amyloid β precursor protein* – e duas cadeias de ácidos graxos);
- O aumento do carreamento da placa β -amilóide do parênquima cerebral para a corrente sanguínea (Carro e Torres-Aleman. 2004; Adlard, et al. 2005). A diminuição do acúmulo de placa β -amilóide ocorre por que o IGF-1, que tem níveis plasmáticos aumentados durante o exercício físico, cumpre esse papel (Carro e Torres-Aleman. 2004; Adlard, et al. 2005).

Em estudos realizados com humanos, através de imagem por ressonância magnética funcional (Colcombe, et al. 2004), foi demonstrado o estímulo de diversas áreas, como frontal e parietal relacionadas a controle de atenção e circuito visuo-espacial (Casey, et al. 2000).

Exercício físico e plasticidade neural

A prática de exercícios físicos pode estimular a plasticidade cerebral, através do aumento dos níveis de produção e liberação de fatores tróficos locais (Cotman, et al. 2002; Matson, et al. 2004), como:

- Fator de crescimento derivado do cérebro (BDNF – *brain derived growth factor*);
- Fator de crescimento de fibroblasto 2 (FGF 2 – *fibroblast growth factor 2*) (Neeper, et al. 1996; Ernst, et al. 2006);
- Fator de crescimento insulina-símile-1 (IGF-1 – *Insulin like growth factor*) (Carro, et al. 2000).

Esses fatores são responsáveis pelo auxílio à sobrevivência celular, melhora na resistência a insultos e aumento nas conexões realizadas pelos neurônios (Bear, et al. 2001).

Vários autores têm demonstrado maior eficiência nas diferentes modalidades de plasticidade em estudos realizados com animais experimentais, tais como melhor capacidade de memória (Rhodes, et al. 2003) e recuperação de lesões do sistema nervoso central (SNC) (Tillerson, et al. 2003).

Plasticidade neural pode ser definida como a capacidade do sistema nervoso se adaptar a novas condições ou estímulos, podendo se refletir em alterações estruturais, morfológicas e funcionais (Lent, 2002).

O estímulo a plasticidade neural pode ocorrer de diversas formas, como descrito a seguir.

Habituação caracteriza a forma mais simples da neuroplasticidade, é descrita pela capacidade de adaptação a estímulos de dor. Observando que após estímulos seguidos, o mesmo é interrompido gerando uma espécie de capacidade de adaptação a dor (Kandel, et al. 2000).

Após algum tempo em repouso, esses efeitos não são mais observados e um reflexo pode ser gerado em resposta à estimulação sensorial. Mas, a partir de uma repetição da estimulação mais prolongada, podem ocorrer lesões mais permanentes no sistema nervoso, diminuindo o número de conexões sinápticas (Kandel, et al. 2000).

Essas alterações são observadas em curto espaço de tempo. Elas atuam na liberação de neurotransmissores e na sensibilidade do receptor pós-sináptico, dessa forma geram respostas diminuídas a seus respectivos estímulos (Kandel, et al. 2000).

As alterações causadas por aprendizado e memória dependem de mudanças mais persistentes e de maior duração. Durante as fases iniciais de aprendizado motor, regiões grandes e difusas do encéfalo mostram grande atividade sináptica (Kandel, et al. 2000).

Depois de uma série de repetições da atividade sináptica, ocorre uma diminuição da quantidade de regiões que estão ativas no encéfalo. Isso ocorre quando alguma tarefa foi aprendida, então, apenas algumas pequenas regiões distintas do encéfalo revelam certa atividade na execução da tarefa (Kandel, et al. 2000).

As lesões que podem ser desde uma contusão ou até mesmo uma secção de um axônio provocam alterações degenerativas que podem causar a morte celular. Certos neurônios têm a capacidade de regenerar seus axônios (Kandel, et al. 2000).

Porem nos axônios, a lesão que destrói o corpo celular neuronal leva, à morte celular. Quando ocorre a morte das células neuronais do sistema nervoso adulto, estas não são totalmente substituídas (Bear, et al. 2001).

Porem ocorrem algumas alterações sinápticas, proporcionando uma reorganização funcional do sistema nervoso central e as alterações relacionadas à atividade, na liberação de neurotransmissores, fazem a recuperação da lesão (Bear, et al. 2001).

Células progenitoras no sistema nervoso central adulto

Por muito tempo e até recentemente, acreditou-se não haver possibilidade de regeneração celular do SNC de mamíferos adultos através da formação de novos neurônios (Gross, 2000).

A morte neuronal no SNC de mamíferos adultos é por conceito irreversível. Embora haja formação de novos neurônios em algumas regiões do cérebro de (Gross, 2000), essa perda não pode ser totalmente reparada, visto que essa proliferação é muito pequena.

Fato que a transforma em conceito para justificar as causas de doenças neurodegenerativas como Alzheimer (Rasool, et al. 1986) e Parkinson (Uhl, et al. 1985).

Essas doenças têm como resultado a morte de neurônios, que por ser em larga escala, acaba se tornando perda permanente e com poucas possibilidades de regeneração. Atualmente a versão de que não poderia ocorrer a recuperação dessas regiões, ainda que pequena, é muito questionada.

Importantes pesquisadores encontraram evidências de que em algumas áreas do SNC adulto, a capacidade de gerar precursores neurais está presente, em roedores adultos (Altman, 1962), primatas não humanos (Gould, et al. 1998) e humanos (Eriksson, et al. 1998).

Constatou-se que existem células progenitoras em algumas regiões do cérebro de mamíferos adultos (Cameron, et al. 1993; Eriksson, et al. 1998). Essa capacidade foi apontada em duas áreas específicas no cérebro adulto; zona ventricular (Altman, e Das, 1966) e giro denteado do hipocampo (Altman, et al. 1965).

Na zona ventricular, as células após dividirem-se, convergem para a cadeia migratória rostral (RMS – *rostral migratory stream*) com destino ao bulbo olfatório, onde dão origem a interneurônios locais (Doetsch, et al. 1996).

As células da camada sub-granular do giro denteado do hipocampo estão posicionadas de forma adjacente à camada granular do giro denteado.

Dentro dessa camada de células, existe uma sub-população de células precursoras que dão origem a novas células neurais (Kuhn, et al. 1997; Seri, et al. 2001). Essas células migram para a camada granular, onde expressam marcadores neuronais (Raewyn, et al. 2002).

Existe uma grande busca por terapias que possam atenuar ou até mesmo curar doenças neurodegenerativas.

Com a descoberta destas áreas restritas onde ainda persiste a proliferação de precursores, diversos cientistas (Yoshimura, et al. 2001; Nakatomi, et al. 2002) buscam formas de mobilização destes precursores. Fazendo com que possam migrar da sua origem e substituir as células dos locais lesados por morte neuronal.

Vários pesquisadores acreditam que o tratamento com fatores tróficos locais (Craig, et al. 1996; Kuhn, et al. 1997; Kiprianova, et al. 1999) é capaz de suprir a degeneração do sistema nervoso. Esses fatores podem estimular o aumento na proliferação e na sobrevivência de progenitores neurais (Yoshimura, et al. 2001; Nakatomi, et al. 2002).

Também existem grupos que observam o tratamento por estímulos externos a produção e liberação de fatores tróficos e de crescimento (Gould, et al. 1999; van Praag, et al. 1999a). Esses estímulos podem ser caracterizados por aprendizagem motora (Gould, et al. 1999) e exercícios físicos (van Praag, et al. 1999a).

Exercícios físicos e neurogênese

Vários trabalhos demonstraram a existência de eventos capazes de estimular a neurogênese em mamíferos adultos, tais como:

- A exposição a meio enriquecido (com interação social, entretenimento e exercícios físicos) (Gould, et al. 1999);
- Exercícios voluntários ou forçados (van Praag, et al. 1999a; Jacini, et al. 2004);
- Aprendizagem (Gomez-Pinilla, et al. 1998);
- Lesões cerebrais (Tanapat, et al. 1998);
- Restrição dietética (Duan, et al. 1999);
- Infusão de fatores tróficos locais, como fator de crescimento epidermal (EGF – *epidermal growth factor*) e FGF-2 (Ray, et al. 1993).

Esses eventos podem ter papel crucial no tratamento de lesões do SNC.

O fato de exercícios físicos poderem estar estimulando a produção e a liberação de fatores tróficos locais é explicada em parte porque estão diretamente relacionados com o aumento da geração de potenciais de longa duração (LTP – *long term potentiation*) no hipocampo (van Praag, et al. 1999b).

O aumento da geração de LTP é capaz de aumentar a produção de BDNF e fator de crescimento neurotrófico (NGF – *nerve growth factor*) (Neeper, et al., 1995), o que pode estar estimulando a neurogênese.

Os principais motivos considerados para aventar essa hipótese foram sugeridos em alguns trabalhos, nos quais observou-se que o estímulo feito por exercícios físicos causou aumento nas atividades neurotróficas, elevando os níveis de produção de neurotrofinas, como BDNF (Neeper et al. 1996), FGF-2 (van Praag et al. 1999a) e fator de crescimento insulina-símile-1 (IGF-1 – *Insulin like growth factor*) (Carro et al. 2000), todos relacionados com a proliferação neuronal.

Estudo da neuroplasticidade em humanos

Apesar de tantas evidências demonstrando o estímulo da plasticidade neural no SNC por exercícios físicos em animais, a pesquisa em humanos ainda mostra-se um tanto limitada e por consequência um pouco escassa (Colcombe, et al. 2004; Dishman, et al. 2006; Colcombe, et al. 2006). A grande dificuldade encontrada está relacionada a problemas metodológicos.

As técnicas do estudo da neuroplasticidade são em sua maioria analisadas de forma direta, através da realização de experimentos onde se faz necessário o acesso às amostras teciduais ou celulares (Gomez-Pinilla, et al. 1998; Carro, et al. 2000; Rhodes, et al. 2003).

Esse fato dificulta muito a realização de estudos científicos com humanos, por se tratar o SNC, um sistema vital para o organismo.

Um exemplo de estudo com neuroplasticidade e exercícios físicos, utilizando exames de ressonância magnética (RM) de crânio, foi realizado por Park e colaboradores (2006). Utilizando um grupo de 19 jogadores da liga universitária de basquete coreana comparando a um grupo de 20 indivíduos sedentários controles. O volume relativo e absoluto do encéfalo foi mensurado utilizando o software *3-D medical software package* (Cybermed, Korea). O cerebelo foi segmentado manualmente e teve o volume relativo e absoluto comparado através do mesmo software. Não houve diferença significativa no volume absoluto e relativo do cérebro, nem no cerebelo, entre os grupos de jogadores de basquete e o grupo controle.

Contrapondo-se ao estudo anterior, Colcombe e colaboradores (2006) realizaram um estudo com imagens de RM em 59 voluntários saudáveis e sedentários, com idade de 60 a 79 anos. Esse grupo foi separado em dois, um grupo que fazia exercícios físicos aeróbios e outro que fazia alongamento. Os dois grupos foram submetidos a seis meses de treinamento, e foram comparados a um grupo de 20 adultos jovens (18 a 30 anos), todos sedentários. As imagens desse estudo foram comparadas através de um protocolo de morfometria baseada em voxels. Os resultados desse estudo demonstraram que a prática de exercícios físicos aeróbicos causou aumentos no volume cerebral tanto de substância cinzenta quanto de substância branca. A maioria desses resultados foi encontrada em áreas relacionadas ao declínio cognitivo causado pela idade.

Os trabalhos supra citados mostram-se controversos à medida que o primeiro não encontrou diferenças, contrapondo-se ao segundo. Isso pode ter ocorrido por diferenças metodológicas ou pelas diferenças entre os grupos analisados nos dois estudos. Os dois trabalhos foram realizados através de técnicas não invasivas de imagem por RM de crânio, que se mostra como alternativa para estudar morfologia e função cerebral em humanos.

A aquisição de imagem por RM não utiliza raios X ou outro tipo de radiação ionizante, ao contrário de outros tipos de exame radiológicos. As imagens de RM são obtidas graças a um campo magnético, gerado por um magneto (ímã), ligado a um transmissor e receptor de ondas de rádio e um computador que é utilizado para obter as informações bioquímicas e imagens da anatomia interna. Não existem efeitos nocivos associados com a RM dentro das condições utilizadas atualmente. É um método não-invasivo de estudo, e totalmente seguro para os sujeitos analisados no estudo.

Corrida x Judô

A prática de atividades físicas e o aprendizado de tarefas motoras estimulam tanto a proliferação celular (Gomez-Pinilla, et al. 1998; van Praag, et al. 1999a; Gomez-Pinilla, et al. 2000; Jacini, et al. 2004), quanto a plasticidade neural (Colcombe, et al. 2004; Dishman, et al. 2006; Colcombe, et al. 2006). O estímulo causado

pela prática de exercícios físicos no SNC, resulta em vários benefícios, tais como melhor capacidade de memória (Rhodes, et al. 2003), diminuição dos níveis de depressão (Bjornebekk, et al. 2005) e a neuroproteção em casos de doenças neurodegenerativas (Briones, 2006; Larson, 2006).

A partir dessas considerações nós chegamos as seguintes questões:

Exercícios físicos provocam estímulos capazes de induzir a plasticidade neural? Qual seria o melhor estímulo: exercícios contínuos de corrida ou exercícios que privilegiam o aprendizado motor? Existe alguma diferença nas alterações provocadas no SNC entre essas duas modalidades?

Para investigar essas questões, propusemos a realização de um estudo em atletas profissionais praticantes de duas modalidades: judô e corrida de fundo. A escolha do judô foi feita por se tratar de uma modalidade onde a aprendizagem motora está muito estimulada. Em relação à corrida de fundo, a escolha foi feita por se tratar de uma modalidade onde aprendizagem motora não é o principal requisito, e sim condicionamento cardio-respiratório, estimulado através da prática de exercícios físicos.

Nossas hipóteses, a partir disso, são que a prática de exercícios físicos que privilegiem a aprendizagem motora, aqui representado pelo judô, é capaz de estimular a plasticidade neural principalmente, em áreas motoras e áreas relacionadas a planejamento.

Já o estímulo causado pela corrida, uma atividade física praticamente medular, teria um resultado mais difuso, por não se tratar de um estímulo tão pontual que requeira apenas determinadas habilidades.

Este trabalho foi realizado através da aquisição de imagem por RM de crânio, e as imagens foram avaliadas através da técnica de morfometria baseada em voxels (VBM). Nosso estudo privilegiou a análise do volume de substância cinzenta (CSC) descrevendo as diferenças, aumento ou diminuição provocadas pelas duas modalidades de exercício.

JUSTIFICATIVA

A existência de poucos estudos sobre plasticidade neural realizados em humanos nos fez refletir a respeito da realização de um trabalho utilizando uma técnica indireta e não invasiva, a imagem por RM de crânio, na qual através da comparação entre a morfologia cerebral de indivíduos normais e praticantes de exercícios físicos, poderemos estabelecer as diferenças no volume e na densidade de determinadas regiões cerebrais. Desta forma, podemos avaliar se ocorreu algum estímulo à plasticidade cerebral desses indivíduos. Para auxiliar nesta questão, foram escolhidas duas modalidades esportivas, uma que envolva exercícios cíclicos e contínuos, a corrida, e uma que privilegie o aprendizado motor, o judô.

Esse estudo torna-se relevante, à medida em que foram descritas algumas áreas do córtex cerebral envolvidas nos processos de plasticidade, quando estimuladas por diferentes tipos de exercícios físicos (Smith, e Zigmond, 2003), podendo, no futuro, revelar novas estratégias para o auxílio no tratamento de doenças neurológicas, como Alzheimer e Parkinson (Smith, e Zigmond, 2003).

OBJETIVOS

- Investigar a ação de exercícios físicos na plasticidade cerebral.
- Determinar a diferença na concentração de substância cinzenta induzida por um exercício que privilegie aprendizagem motora (judô) e um tipo de exercício cíclico que não envolva aprendizagem motora (corrida de fundo).

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Laboratório de Neuroimagem no Departamento de Neurologia do Hospital das Clínicas, na Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, em horários destinados à utilização para pesquisa da máquina de ressonância magnética.

Esse trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da FCM-UNICAMP, e os indivíduos participantes assinaram um termo de consentimento (apêndice 1) aprovado pelo Comitê de Ética da instituição sob o código 428/2005.

Os indivíduos foram submetidos a uma aquisição de imagem por ressonância magnética. Nestas imagens foi feito um tratamento para análise de morfologia baseada em voxels para mensurar a concentração de substância cinzenta e estabelecer as diferenças morfológicas entre os grupos: judocas, corredores fundistas e controle.

Sujeitos

Foram utilizados neste estudo, um grupo contendo 8 judocas, todos profissionais, do gênero masculino, com média de idade de 25,2 anos (DP. $\pm$ 1,8 anos), e um outro grupo com 8 corredores, todos fundistas profissionais, do gênero masculino, com média de idade de 26,2 anos (DP. $\pm$ 2,8 anos). Os critérios de inclusão adotados foram:

- Tempo de prática esportiva superior a 10 anos;
- Estarem atuando de forma profissional, e com nível internacional;
- Faixa etária entre 20 e 40 anos;
- Pesarem menos de 90 kg.

O grupo de judocas foi comparado com um grupo de 18 controles sedentários saudáveis, todos do gênero masculino, com peso inferior a 90kg, faixa etária entre 20 e 40 anos e com idade média de 25,3 anos (DP. $\pm$ 2,9 anos).

O grupo de corredores de fundo foi comparado com um grupo de 20 controles sedentários saudáveis, todos do gênero masculino, com peso inferior a 90kg, faixa etária entre 20 e 40 anos e com idade média de 26,3 anos (DP. $\pm$ 3,2 anos).

Como fatores de exclusão para os três grupos, adotamos os seguintes critérios:

- Não preencherem os critérios de inclusão;
- Possuírem algum fator que não permita a realização de ressonância magnética (como partes metálicas no corpo, clipe cirúrgico, implante dentário e marca passo);
- Não sofrerem de claustrofobia (pelo uso da máquina de RM).

O grupo de judocas é submetido a um volume de treinamento diário entre 5 e 6 horas enquanto que o grupo de corredores fundistas, é submetido a um volume de treinamento de 3 a 4 horas por dia.

Procedimento

Aquisição de RM estrutural

Para avaliação morfológica foram utilizadas imagens de RM 3D de alta resolução (volumétricas). As imagens foram adquiridas através de um scanner Elscint Prestige com campo magnético de 2 Teslas.

O estudo em questão demandou apenas a aquisição de seqüências ponderadas em T1, com voxels isotrópicos de 1mm e sem *gap* (sem espaçamento entre as seqüências para uma reconstrução total do encéfalo) e adquiridas ao longo do plano sagital (TR = 22ms, TE = 9ms, flip angle = 35°, matriz = 256 x 220). Esta seqüência é utilizada por privilegiar a resolução estrutural do tecido cerebral e segue o protocolo adotado pelo Laboratório de Neuroimagem da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP (Bonilha, et al. 2004).

FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Protocolo de morfometria baseada em voxel

A análise por Morfometria Baseada em Voxel (MBV) segue o protocolo utilizado em nosso laboratório (Bonilha, et al. 2004), e contém 5 passos chamados pré-processamento das imagens e 1 passo de análise estatística, descritos a seguir.

Pré-processamento:

1º passo: padronização de formato;

2º passo: reorientação espacial;

3º passo: normalização espacial;

4º passo: segmentação com modulação;

5º passo: suavização.

Os dois primeiros passos são feitos utilizando o software MRIcro (Chris Rorden, www.mricro.com), e os outros três passos são executados utilizando o pacote de análises SPM2 (Statistical Parametric Mapping, The Wellcome Department of Imaging Neuroscience, Institute of Neurology, University College London, UK) usando VBM2 toolbox de Christian Gaser (<http://dbm.neuro.uni-jena.de/vbm>) e o software de processamento matemático Matlab 7.0.

Para a normalização é utilizado um molde (template) feito a partir da média de 83 cérebros de indivíduos controles.

A análise estatística é feita empregando-se teste de comparação entre grupos ou análise de correlação entre indivíduos de um mesmo grupo a partir de uma variável de ponderação.

Para isso, foram feitos testes estatísticos com métodos não paramétricos com a utilização do software NPM (non parametric methods) <http://www.sph.sc.edu/comd/rorden/npm/>, e os resultados foram obtidos com o teste Wilcoxon (voxel a voxel), comparando os grupos corredores fundistas e judocas com os controles saudáveis sedentários do gênero masculino.

Padronização de formatos

Este passo é essencial para conversão das imagens a partir de seu formato nativo, DICOM 3.0 (formato em que a máquina de ressonância adquire as imagens), para o formato padrão do SPM 2, Analyze 7.5 (formato em que foram feitas as análises).

O procedimento de conversão foi feito utilizando o software MRICro (Chris Rorden, www.mricro.com).

Reorientação espacial

Neste passo a origem dos eixos x, y e z que determinam qualquer coordenada espacial no volume da imagem, é definida em um marco anatômico comum a todos os indivíduos, por se tratar de uma região onde a variabilidade morfológica é menor.

O marco escolhido é a comissura anterior (CA) e a sua utilização aumenta imensamente a correspondência espacial entre as estruturas a serem estudadas.

Normalização

O processo de normalização coloca as imagens em um mesmo espaço, chamado espaço padrão, para que os cérebros de indivíduos que possuam diferentes tamanhos de cérebro possam ter as suas estruturas comparadas sem que para isso seja levada em conta a variabilidade natural existente.

Neste passo as imagens analisadas passam por transformações matemáticas utilizando algoritmos lineares e são esticadas e/ou comprimidas para que tenham ao final o mesmo tamanho.

Dessa forma as imagens podem ser espacialmente superpostas sem grandes discrepâncias localizatórias.

Como padrão de normalização, foi utilizado um cérebro médio (template) brasileiro obtido a partir de 83 indivíduos normais de todas as faixas etárias.

Segmentação com modulação

A segmentação com modulação é feita em modo totalmente automático através do software SPM e produz imagens separadas dos diferentes segmentos cerebrais. Esse passo separa substância cinzenta, substância branca e líquido cefalorraquiano.

As análises realizadas a seguir foram feitas individualmente em cada tipo de tecido, de acordo com a hipótese de investigação empregada.

O processo de modulação contido nesta etapa, que também é realizado em modo totalmente automático através do software SPM, tem o objetivo de corrigir as distorções de densidade do tecido cerebral ocorridas durante o processo de normalização.

Caso não ocorresse esta correção poderia ocorrer o surgimento de falsos-positivos causados pelo aumento da densidade do tecido.

Assim as regiões do encéfalo que foram mais distorcidas pelas transformações lineares de expansão e compressão, ocorridas na normalização, e para que pudessem se moldar ao espaço padrão tiveram seu valor de intensidade de sinal corrigido, desta forma evitando a falsa impressão de ganho ou perda de tecido a uma região expandida ou comprimida.

Suavização

O processo de suavização, feito em modo automático pelo software SPM, é realizado para que através da aplicação de uma função gaussiana de kernel, onde a curvatura da função seja igual tanto na parte ascendente quanto na parte descendente, tornando possível distribuir ou espalhar o sinal das bordas das estruturas segmentadas e eliminando assim o efeito de borda.

Sem a eliminação do efeito de borda seria impossível comparar uma imagem de substância cinzenta de dois indivíduos devido a grande variabilidade anatômica existente no córtex humano.

A suavização emprega uma gaussiana de 10 mm e mantém a validade da comparação de tecidos sem eliminar a variação de densidade local do tecido, alvo principal do método.

Análise estatística

Todos os testes estatísticos utilizados em nosso estudo fazem parte do pacote NPM e serão utilizados de acordo com a hipótese proposta. Para a comparação de duas populações, uma controle e uma outra contendo a hipótese experimental em questão, utiliza-se o teste-t pareado.

Para a análise foram feitos testes estatísticos com métodos não paramétricos com a utilização do software NPM (non parametric methods – método não-paramétrico) <http://www.sph.sc.edu/comd/rorden/npm/>, e os resultados foram obtidos com o teste Wilcoxon (voxel a voxel), comparando os grupos corredores e judocas com os controles homens.

Correção dos resultados estatísticos

Os resultados encontrados nos processamentos estatísticos foram corrigidos para comparações múltiplas utilizando para isso um algoritmo chamado FDR (false discovery rate) = 0.05.

Esta correção é capaz de eliminar os achados falso-positivos em função de realizar múltiplas comparações. Assim, podemos comparar aumento e diminuição de concentração de substância cinzenta (CSC) de forma mais precisa.

Para comprovar a confiabilidade dos resultados obtidos pelos testes estatísticos e a qualidade das imagens, foram realizados testes do tipo *leave eight out*.

Nesse tipo de teste as imagens de um grupo de oito indivíduos controles, foram retirados aleatoriamente do grupo controle e formaram assim um grupo falso experimental (judoca ou corredor), esse grupo passou por todos os passos processo de análise por

morfometria baseada em voxels que os grupos experimentais (judoca ou corredor) passaram, para depois, e de forma igual, serem comparadas com o grupo controle.

Os resultados destes testes foram repetidos cinco vezes, retirando de forma aleatória os oito controles, e não foram encontradas diferenças entre os grupos, falso experimental e controle, o que confirma a confiabilidade do método e a qualidade das imagens.

RESULTADOS

Resultados do grupo de judocas

Na primeira fase deste estudo foi utilizado um grupo com atletas profissionais de judô e outro de indivíduos controles sedentários, todos do gênero masculino e com peso inferior a 90 kg (Tabela 1).

Características do grupo de judocas e do grupo controle

Tabela 1- Características principais do grupo de judocas e do seu respectivo grupo controle.

	Judocas	Controles
Tempo de prática	Mais de 10 anos	–
Volume de treino	Entre 5 e 6 h/dia	–
Idade	25,2 anos (DP $\pm$ 1,8 anos)	25,3 anos (DP $\pm$ 2,9 anos)
Faixa etária	20 a 40 anos	20 a 40 anos
Extremos	20 a 30 anos	20 a 30 anos
Número de Sujeitos	8	18

Os sujeitos foram submetidos a exames de ressonância magnética do crânio para avaliar a variação na concentração de substância cinzenta entre os atletas e indivíduos sedentários.

Foram encontrados aumentos significativos na concentração de substância cinzenta, do grupo de judocas em diversas áreas (Figura 1).

Foram encontrados aumentos significativos no volume de substância cinzenta, no grupo de judocas em diversas áreas, descritas a seguir:

Áreas motoras primárias e suplementar (Tabela 2) no hemisfério esquerdo: giro pré-central (227 voxels); giro frontal superior (398 Voxels); giro frontal médio (34 Voxels); área motora suplementar (196 Voxels). E no hemisfério direito: área motora suplementar (51 Voxels).

Áreas relacionadas a planejamento (Tabela 3) no hemisfério esquerdo: giro frontal inferior triangular (418 Voxels); rolando opercular (62 Voxels); giro frontal médio orbital (56 Voxels); giro reto (69 Voxels). No hemisfério direito, giro frontal inferior triangular, (162 Voxels) e giro reto (517 Voxels).

Áreas relacionadas a concentração (Tabela 4) no hemisfério esquerdo: giro frontal superior orbital (357 Voxels); giro frontal médio orbital (305 Voxels); giro frontal inferior opercular (530 Voxels). No hemisfério direito: giro frontal superior orbital (283 Voxels); giro frontal inferior opercular (472 Voxels).

Região dos lobos occipital e parietal (Tabela 5), em áreas relacionadas à visão e associativas no hemisfério esquerdo: giro occipital médio (133 Voxels); giro parietal superior (435 Voxels); giro parietal inferior (46 Voxels). No hemisfério direito: giro occipital superior (169 Voxels); giro parietal superior (114 Voxels).

Região do lobo temporal (Tabela 6) em áreas relacionadas à memória do hemisfério esquerdo: lóbulo para central (55 Voxels); giro temporal médio (326 Voxels); giro temporal inferior (1040 Voxels). No hemisfério direito: giro temporal médio (122 Voxels); giro temporal inferior (398 Voxels).

Também foram encontrados aumento na concentração de substância cinzenta no cerebelo (Tabela 7) em áreas relacionadas a aprendizagem motora no hemisfério esquerdo: cerebelo 1 (32 Voxels); cerebelo 7b (51 Voxels). No hemisfério direito: cerebelo 6 (29 Voxels).

O gráfico 1 demonstra a quantidade total de voxels no SNC que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no grupo de judocas, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e cérebro + cerebelo.

O gráfico 2 demonstra a quantidade total de voxels no SNC que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no grupo de judocas, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.

JUDOCAS x CONTROLES

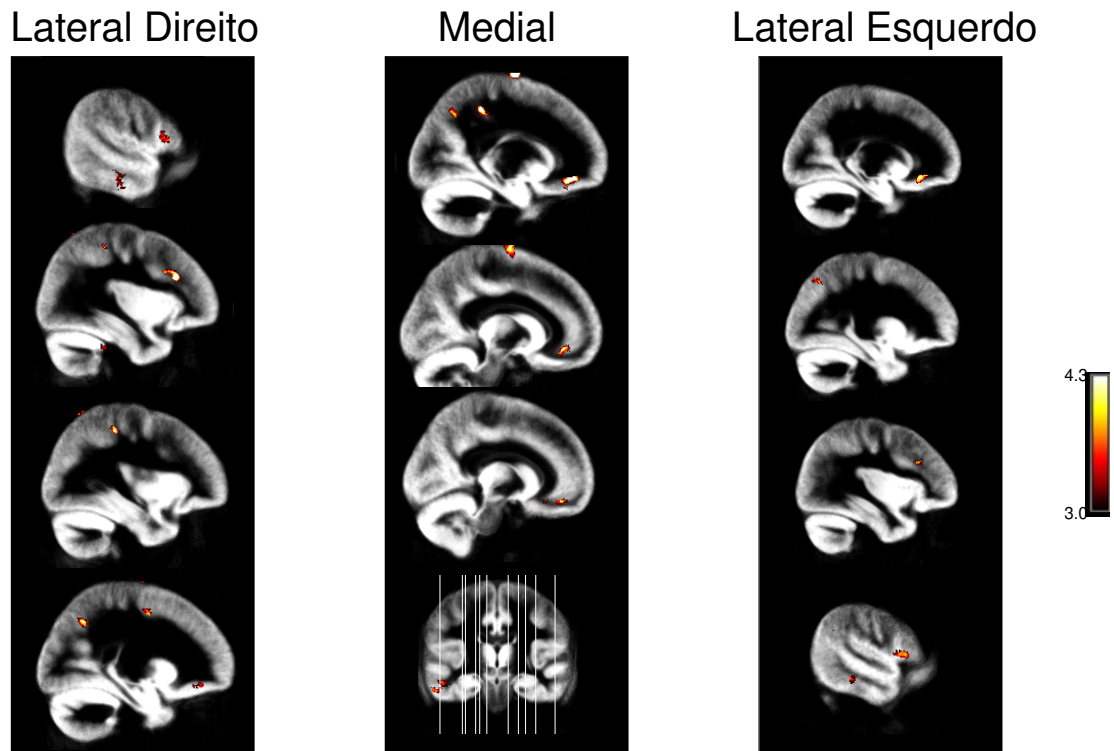


Figura 1- Essa figura é ilustrada por imagens suavizadas, e demonstra cortes sagitais com o mapa estatístico sobreposto em um espaço padrão. A escala representa a quantidade de aumento no volume de substância cinzenta, onde quanto mais claro, maior a alteração e quanto mais escuro, menor. O pré-processamento foi realizado utilizando-se os softwares MRICro, SPM2, usando VBM2 toolbox de Christian Gaser e template feito a partir de 83 controles. Estatística foi feita com o software NPM, e os resultados foram obtidos com o teste Wilcoxon (voxel a voxel), comparando os judocas ($n=8$) com os controles homens ($n=18$). Resultados corrigidos para comparações múltiplas $FDR = 0.05$.

Áreas motoras

Tabela 2- Áreas motoras do córtex cerebral e o número de voxels que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta.

Região	Voxels	Hemisfério
Giro Pré-central	227	Esquerdo
Giro Frontal Superior	398	Esquerdo
Giro Frontal Médio	34	Esquerdo
Área Motora Suplementar	196	Esquerdo
Área Motora Suplementar	51	Direito

Áreas relacionadas a planejamento

Tabela 3- Áreas do córtex cerebral relacionadas a planejamento e o número de voxels que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta.

Região	Voxels	Hemisfério
Giro Frontal Inferior Triangular	418	Esquerdo
Giro Frontal Inferior Triangular	162	Direito
Rolando Opercular	62	Esquerdo
Giro Frontal Médio Orbital	56	Esquerdo
Giro Reto	69	Esquerdo
Giro Reto	517	Direito

Áreas relacionadas a concentração

Tabela 4- Áreas do córtex cerebral relacionadas à concentração e o número de voxels, que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta.

Região	Voxels	Hemisfério
Giro Frontal Superior Orbital	357	Esquerdo
Giro Frontal Superior Orbital	283	Direito
Giro Frontal Médio Orbital	305	Esquerdo
Giro Frontal Inferior Opercular	530	Esquerdo
Giro Frontal Inferior Opercular	472	Direito

Áreas visuais e associativas

Tabela 5- Áreas do córtex cerebral relacionadas à visão e o número de voxels que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta.

Região	Voxels	Hemisfério
Giro Occipital superior	169	Direito
Giro Occipital Médio	133	Esquerdo
Giro Parietal Superior	435	Esquerdo
Giro Parietal Superior	114	Direito
Giro Parietal Inferior	46	Esquerdo

Áreas relacionadas a memória

Tabela 6- Áreas do córtex cerebral relacionadas à memória e o número de voxels que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta.

Região	Voxels	Hemisfério
Lóbulo Para Central	55	Esquerdo
Giro Temporal Médio	326	Esquerdo
Giro Temporal Médio	122	Direito
Giro Temporal Inferior	1040	Esquerdo
Giro Temporal Inferior	398	Direito

Cerebelo

Tabela 7- Áreas do córtex cerebelar relacionadas à aprendizagem motora e o número de voxels que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta.

Região	Voxels	Hemisfério
Cerebelo 1	32	Esquerdo
Cerebelo 6	29	Direito
Cerebelo 7b	51	Esquerdo

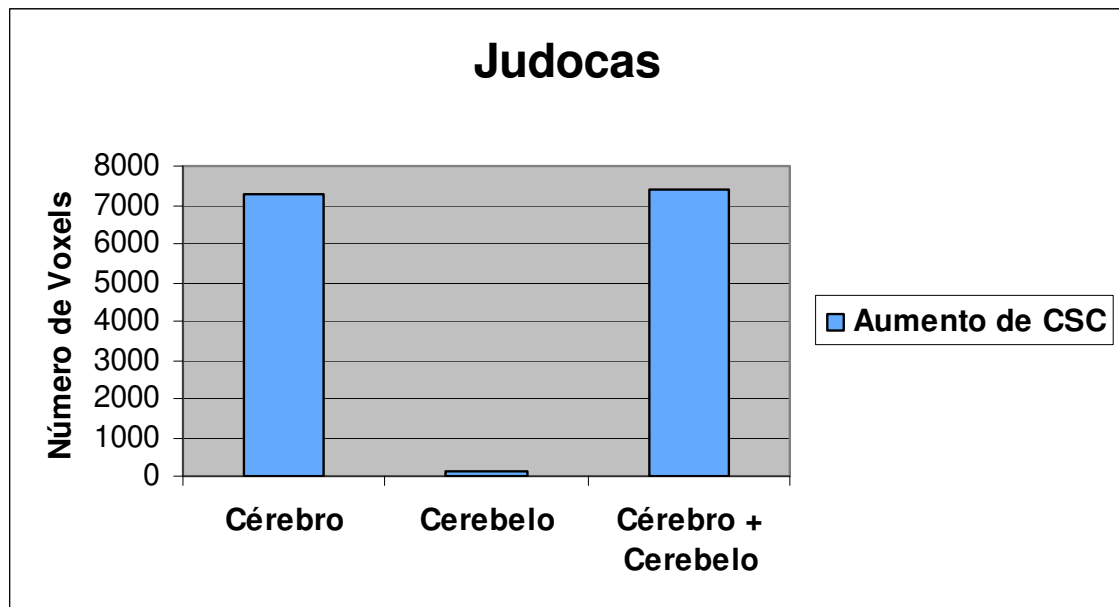


Gráfico 1- Este gráfico demonstra a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm) no SNC que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no grupo de judocas, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e cérebro + cerebelo.

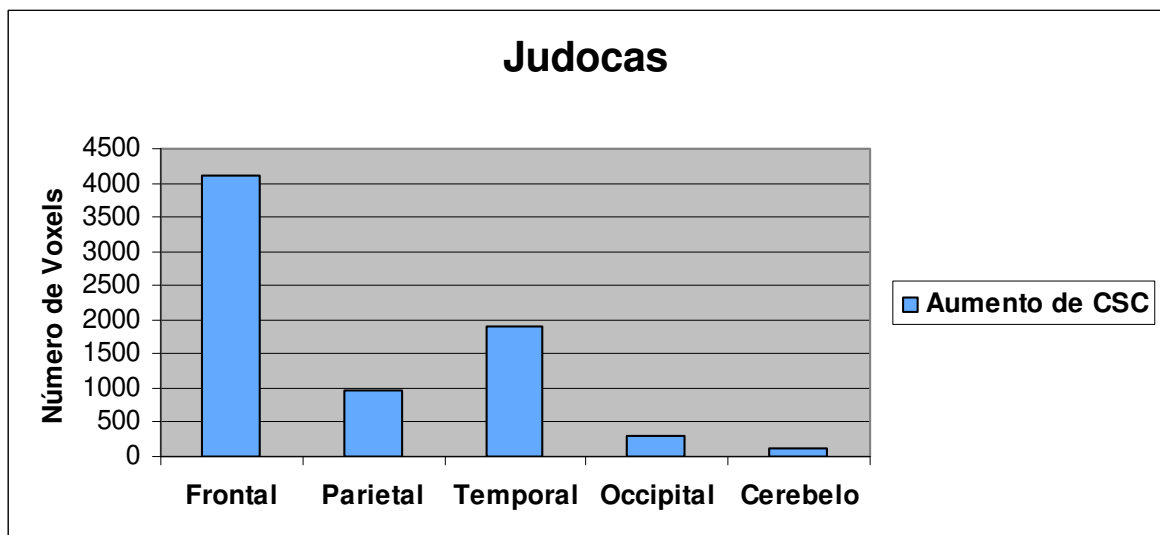


Gráfico 2- Este gráfico demonstra a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm) no SNC que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no grupo de judocas, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.

Resultados do grupo de corredores fundistas

Esta segunda fase estudo foi realizado utilizando um grupo com atletas profissionais, todos corredores de fundo, e outro de indivíduos controles, todos do gênero masculino e com peso inferior a 90 kg (Tabela 8).

Características do grupo de corredores fundistas e do grupo de controles

Tabela 8- Características principais do grupo de corredores fundistas e do seu respectivo grupo de controles.

	Corredores	Controles
Tempo de prática	Mais de 10 anos	–
Volume de treino	Entre 3 e 4 h/dia	–
Idade	26,2 anos (DP $\pm$ 2,8 anos)	26,3 anos (DP $\pm$ 3,2 anos)
Faixa etária	20 a 40 anos	20 a 40 anos
Extremos	20 a 32 anos	20 a 35 anos
Número de Sujeitos	8	20

Os sujeitos foram submetidos a exames de ressonância magnética do crânio para avaliar a variação na concentração de substância cinzenta entre os atletas e indivíduos sedentários saudáveis.

No grupo de corredores fundistas, encontramos alterações significativas, com aumentos e diminuições no volume de substância cinzenta em diversas áreas (Figura 2).

Diferentemente do que foi descrito no grupo de judocas, o grupo de corredores apresentou aumento e diminuição no volume de substância cinzenta em áreas muito difusas. As alterações foram encontradas nas seguintes áreas:

Na região do lobo frontal: houve aumento no volume de substância cinzenta de 14.457 voxels, entretanto apresentou uma diminuição de 5.720 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria ganho, foi de 8.737 voxels.

Na região do lobo temporal e na insula foram encontradas mais diminuição que aumento: houve aumento no volume de substância cinzenta de 1.629 voxels, entretanto apresentou uma diminuição muito maior, de 9.580 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria perda, foi negativa em 7951 voxels.

Região do lobo parietal foi encontrado aumento superior a diminuição no volume de substância cinzenta: houve aumento no volume de substância cinzenta de 11.298 voxels, enquanto apresentou uma diminuição de 10.725 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria ganho, foi de 573 voxels.

Região do lobo occipital foi encontrado aumento superior a diminuição no volume de substância cinzenta: houve aumento no volume de substância cinzenta de 4.241 voxels, enquanto apresentou uma diminuição de 1.047 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria ganho, foi de 3.194 voxels.

Também foram encontrados mais aumento que diminuição no volume de substância cinzenta no cerebelo: houve aumento no volume de substância cinzenta de 10.117 voxels, enquanto apresentou uma diminuição de 7.778 voxels. A diferença entre aumento e diminuição no número de voxels que representaria ganho, foi de 2.339 voxels.

O gráfico 3 demonstra a quantidade total de voxels no SNC que apresentaram aumento ou diminuição no volume de substância cinzenta no grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e cérebro + cerebelo.

O gráfico 4 demonstra a quantidade total de voxels no SNC que apresentaram aumento ou diminuição no volume de substância cinzenta no grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.

CORREDORES x CONTROLES

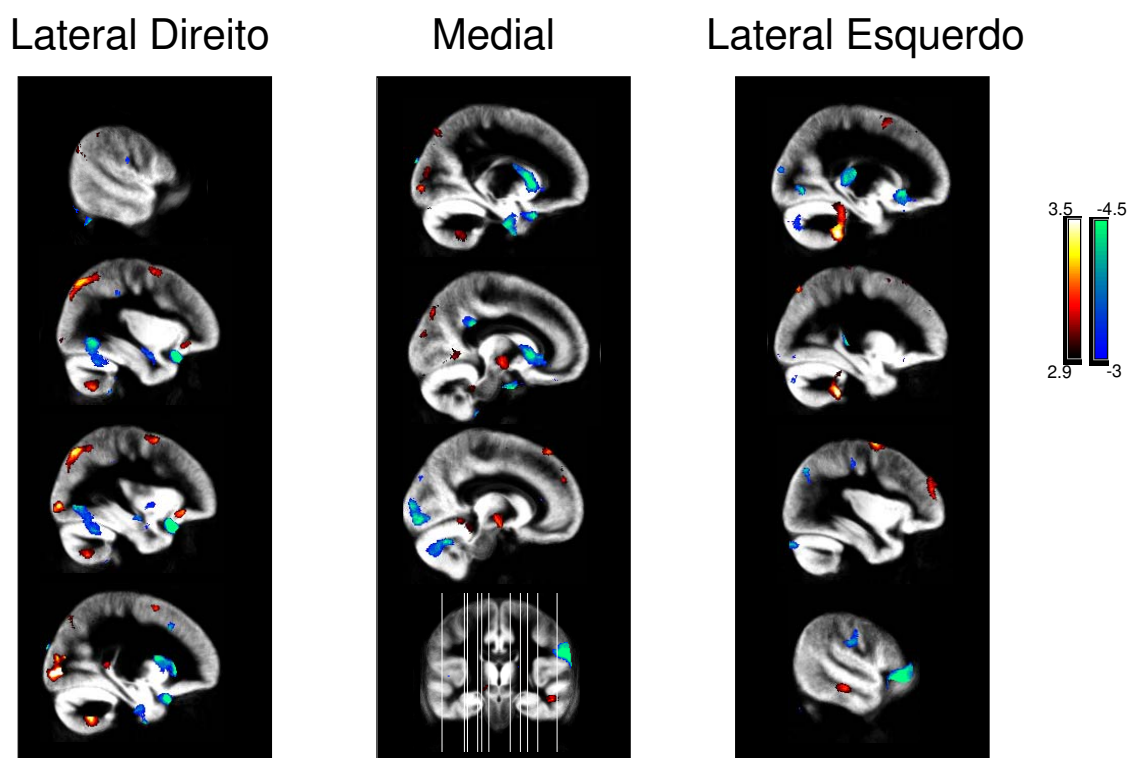


Figura 2- Essa figura é ilustrada por imagens suavizadas e demonstra cortes sagitais com o mapa estatístico sobreposto em um espaço padrão. A escala representa a quantidade de aumento ou diminuição no volume de substância cinzenta, onde quanto mais claro maior a alteração e quanto mais escuro menor; quanto mais azul menor a diminuição e quanto mais verde, maior. O pré-processamento foi realizado utilizando os softwares MRICro, SPM2, usando VBM2 toolbox de Christian Gaser, e template feito a partir de 83 controles. A estatística foi realizada com o software NPM, e os resultados obtidos com o teste Wilcoxon (voxel a voxel), comparando os corredores ($n = 8$) com os controles homens ($n = 20$). Resultados corrigidos para comparações múltiplas $FDR = 0.05$.

CSC no Córtex cerebral e cerebelar

Tabela 9- Essa tabela representa a quantidade total do número de voxels que apresentaram aumento, diminuição e a diferença entre aumento e diminuição no volume de substância cinzenta no córtex cerebral e cerebelar.

Corredores	Aumento	Diminuição	Diferença
Cérebro	30963	27072	3891
Cerebelo	10117	7778	2339

Aumento de CSC no córtex cerebral separado por lobo

Tabela 10- Essa tabela representa a quantidade total do número de voxels que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no córtex cerebral separado por lobo.

Lobo	Voxels
Frontal	14457
Parietal	11298
Temporal e Ínsula	1629
Occipital	4241

Diminuição de CSC no córtex cerebral separado por lobo

Tabela 11- Essa tabela representa a quantidade total do número de voxels que apresentaram diminuição no volume de substância cinzenta no córtex cerebral separado por lobo.

Lobo	Voxels
Frontal	5720
Parietal	10725
Temporal e Ínsula	9580
Occipital	1047

Diferença entre aumento e diminuição de CSC no córtex cerebral separado por lobo

Tabela 12- Essa tabela representa a diferença entre aumento e diminuição no volume de substância cinzenta, na quantidade total do número de voxels no córtex cerebral separado por lobo.

Lobo	Voxels
Frontal	8737
Parietal	573
Temporal e Ínsula	-7951
Occipital	3194

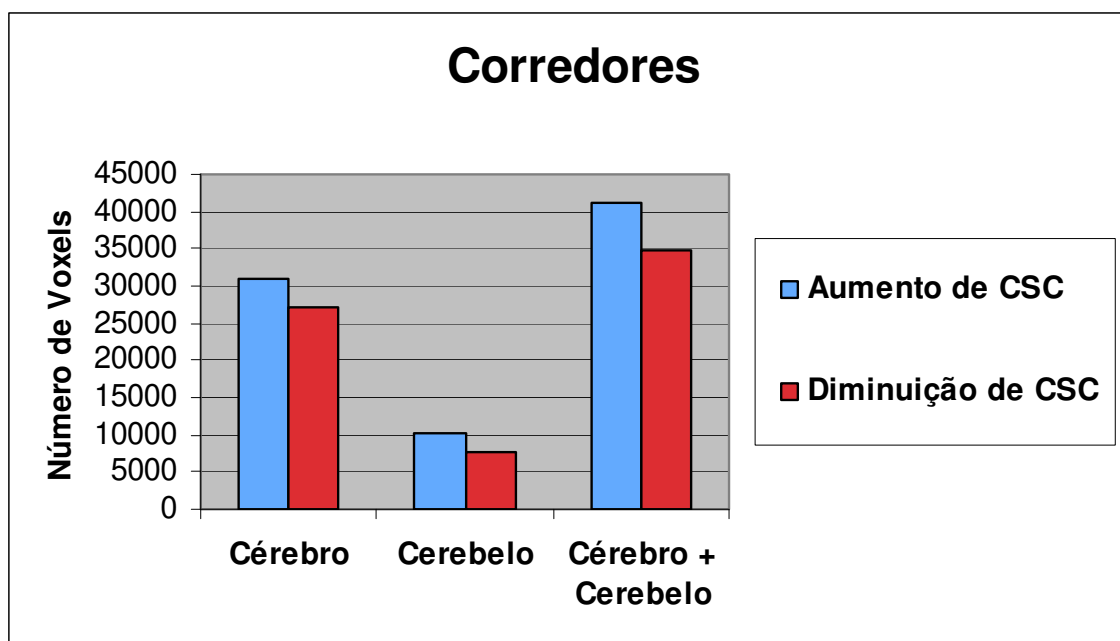


Gráfico 3- Este gráfico demonstra a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm) no SNC que apresentaram aumento ou diminuição no volume de substância cinzenta no grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e cérebro + cerebelo.

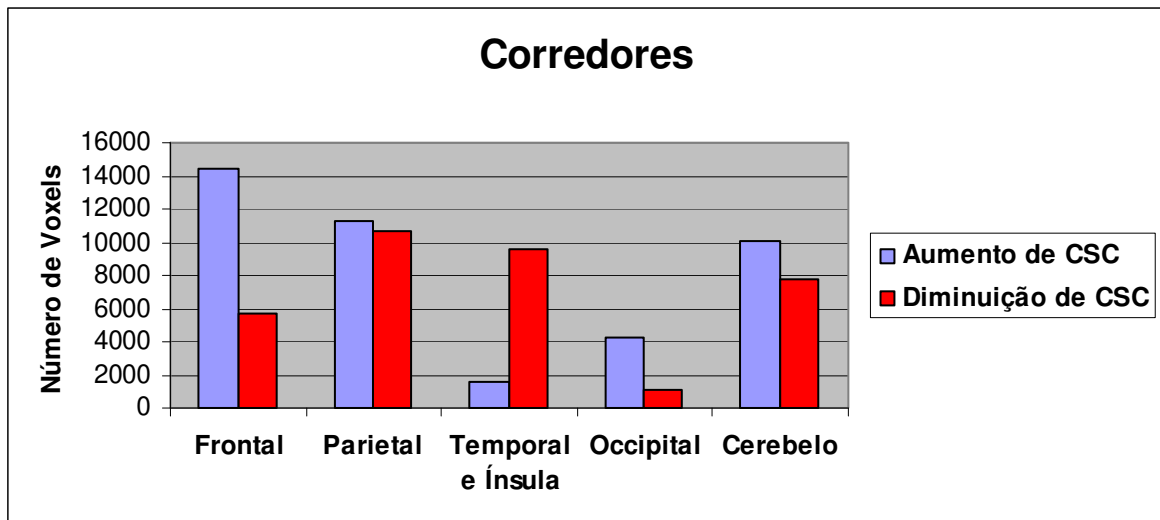


Gráfico 4- Este gráfico demonstra a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm) no SNC que apresentaram aumento ou diminuição no volume de substância cinzenta no grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.

Comparação entre os grupos: Judoca e Corredores Fundistas

O gráfico 5 demonstra a quantidade total de voxels no SNC que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no grupo de judocas comparado com as diferenças entre diminuição e aumento no volume de substância cinzenta do grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e somando cérebro com cerebelo.

O gráfico 6 demonstra a quantidade total de voxels no SNC que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no grupo de judocas comparado com as diferenças entre diminuição e aumento no volume de substância cinzenta do grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.

CSC no Córtex cerebral e cerebelar

Tabela 13- Essa tabela representa uma comparação (separado por cérebro e cerebelo) da diferença entre aumento e diminuição no volume de substância cinzenta no grupo de corredores com a quantidade total do número de voxels no córtex cerebral do grupo de judocas.

Corredores	Aumento	Diminuição	Diferença
Cérebro	30963	27072	3891
Cerebelo	10117	7778	2339

Comparação entre os grupos judoca e corredores de fundo

Tabela 14- Essa tabela representa uma comparação (separado por lobo) da diferença entre aumento e diminuição no volume de substância cinzenta no grupo de corredores com a quantidade total do número de voxels no córtex cerebral do grupo de judocas.

Lobo	Voxels Corredores	Voxels Judocas
Frontal	8737	4098
Parietal	573	952
Temporal e Ínsula	-7951	1894
Occipital	3194	305

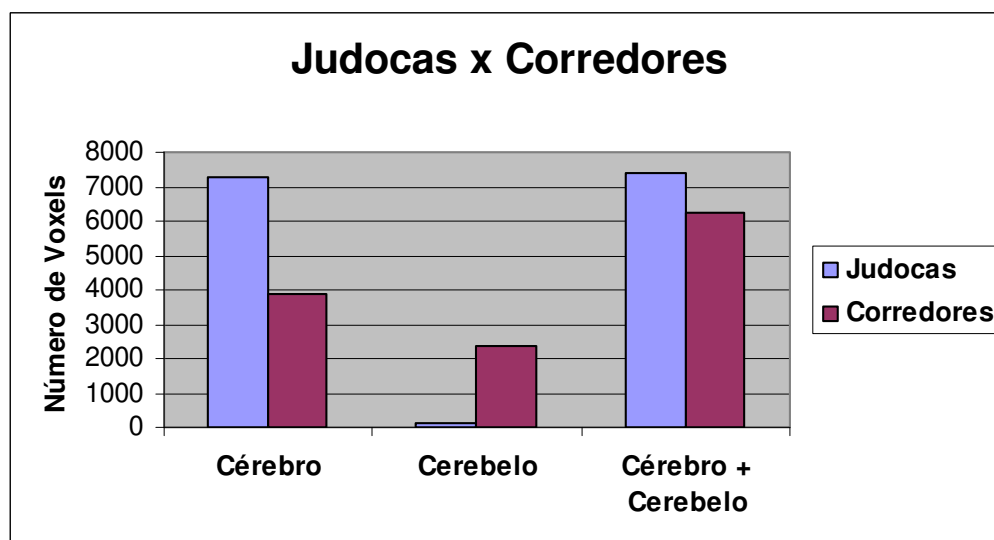


Gráfico 5- Este gráfico demonstra a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm) no SNC que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no grupo de judocas comparado com as diferenças entre diminuição e aumento na CSC do grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por cérebro, cerebelo e cérebro + cerebelo.

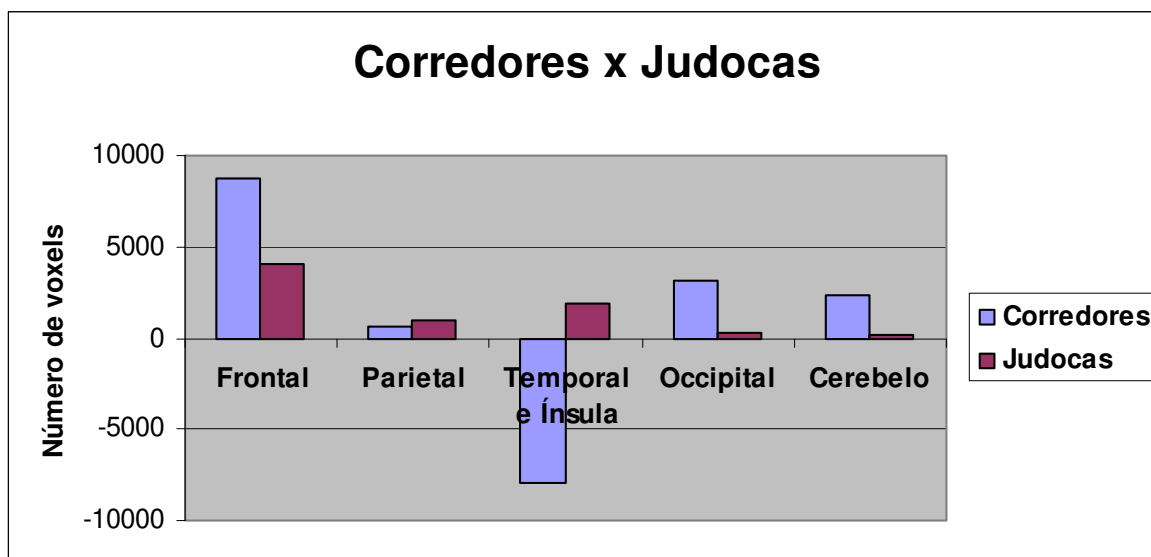


Gráfico 6- Este gráfico demonstra a quantidade total de voxels isotrópicos (cubos de 1 mm) no SNC que apresentaram aumento no volume de substância cinzenta no grupo de judocas comparado com as diferenças entre diminuição e aumento no volume de substância cinzenta do grupo de corredores fundistas, os resultados foram separados por lobos frontal, parietal, temporal, occipital e pelo cerebelo.

DISCUSSÃO

Este estudo demonstrou a presença de diferenças na concentração de SCS entre os grupos judoca e corredor:

No grupo de judocas foi encontrado aumento de CSC em áreas relacionadas à aprendizagem motora, controle postural, planejamento e concentração.

Outras áreas como associativas, circuito óculo-temporal e relacionadas a memória também apresentaram aumento de CSC.

As áreas que apresentaram aumento são responsáveis por características importantes relacionadas a especificidade da modalidade (Maxim Mikheev, 2001; Philippe Perrin, 2002).

No grupo de corredores, encontramos alterações significativas, com aumentos e diminuições na concentração de substância cinzenta em áreas muito difusas (Figura 2).

O aumento ou a diminuição na concentração de substância cinzenta é compatível com o aumento ou diminuição, nas áreas onde estão presentes as células neuronais.

Diferentemente do que foi descrito no grupo de judocas, o grupo de corredores apresentou aumento e diminuição na CSC em áreas muito difusas e inespecíficas.

As alterações foram encontradas nas regiões de lobo frontal, aumento e diminuição em áreas motoras, motora primária e grandes aumentos em motoras suplementares, assim como encontramos diminuição na CSC em áreas relacionadas a planejamento e concentração.

Regiões do lobo temporal em áreas relacionadas à memória apontaram mais diminuição que aumento.

Regiões dos lobos parietal e occipital, nas áreas relacionadas à visão e áreas associativas. Também foram encontrados aumento na concentração de substância cinzenta no cerebelo em áreas relacionadas a aprendizagem motora e controle postural.

Em nosso estudo mostramos fortes evidências que a prática de judô como exercício físico pode aumentar a CSC.

Esse fato significa que houve um aumento de densidade em regiões onde estão presentes neurônios, de forma predominante.

Apesar disso, como demonstrado na literatura, essas áreas não apresentam proliferação neuronal (Eriksson, et al. 1998; Rakic, 2002), todavia alguns pesquisadores demonstraram que esse aumento de CSC pode ter sido causado por aumento de arborização dendrítica (Nelson e Iwamoto, 2006; Aberg, Brywe, Isgaard, 2006), o que caracteriza estímulo à plasticidade neural.

O grupo de corredores apresentou alterações em diversas áreas, algumas dessas alterações ocorreram em regiões do SNC relativas às habilidades requeridas pela corrida, como áreas motoras e visuais.

A justificativa para o aumento de CSC nas áreas visuais seria que os atletas corredores têm a noção de profundidade (áreas relacionadas, parieto-occipital) estimulada o tempo todo da corrida, visto que eles precisam enxergar seus adversários.

Contudo, foram encontradas muitas alterações tanto de diminuição quanto de aumento na CSC. Para isso nos aventamos duas hipóteses:

1. Possibilidade de serem causadas por algum fator trófico ou hormonal relacionado a corrida ou ao treinamento.

Esses fatores liberados na atividade podem ser responsáveis pela grande quantidade de alteração, principalmente quando falamos da redução de algumas áreas.

Como o exercício físico de corrida demanda poucas áreas específicas, por se tratar de uma atividade praticamente medular, os fatores tróficos ou hormonais estariam agindo de forma geral no cérebro, causando tanto aumentos na CSC quanto diminuição, em áreas inespecíficas.

2. Uma terceira hipótese estaria relacionada, além do estímulo causado pela atividade física em algumas áreas, a diminuição causada por fatores tróficos ou hormonais, demonstrados na literatura como causadores de lesão no SNC (Gould, et al., 1998; Rakic, 2002), causaria um estímulo maior nas áreas onde encontramos aumento de CSC, pois a lesão causada por esses fatores é capaz de estimular a plasticidade cerebral em outras regiões (Liepert, Hamzei, Weiller. 2004).

Seong e colaboradores (2002) realizaram um trabalho utilizado animais experimentais onde esse foram submetidos a diferentes cargas de exercícios físicos, leve, moderada e alta intensidade. Foram separados dois grupos de cada intensidade, um recebeu injeção de inibidores de receptores opióides e outro de salina.

Esses grupos foram comparados com dois grupos controles sedentários, um que recebia injeção de inibidores de receptor opióide e outro que recebeu injeção de salina. Foi observado que os animais que receberam a injeção de inibidores opióides apresentavam maior quantidade de proliferação de células no hipocampo.

Em relação a intensidade da corrida, os grupos intensidade leve e moderada, tiveram maior quantidade de células proliferando no hipocampo, enquanto que o de alta intensidade ficou abaixo do grupo controle.

Essas evidencias podem explicar em parte o porque do grupo de corredores fundistas ter apresentado diminuição de CSC no lobo temporal, por se tratar de uma atividade de alta intensidade com aumento na liberação de opióides endógenos.

Com os resultados obtidos, podemos sugerir que a pratica de judô e corrida como atividade física é capaz de estimular a plasticidade cerebral, podendo se mostrar importante no auxílio ao tratamento de doenças neurodegenerativas (Smith, e Zigmond, 2003).

CONCLUSÃO

Treinamento físico em atletas judocas e corredores fundistas induz a plasticidade neural.

A magnitude da plasticidade neural são diferentes nessas duas modalidades, sugerindo que as mudanças podem ser específicas de acordo com a modalidade desportiva.

O mecanismo da indução da plasticidade neural pode ser relacionado a aprendizagem motora como visto nos judocas ou relacionado a possíveis efeitos de fatores tróficos e hormonais no cérebro liberados durante o exercício físico prolongado como visto nos corredores fundistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aberg ND, Brywe KG, Isgaard J. Aspects of growth hormone and insulin-like growth factor-I related to neuroprotection, regeneration, and functional plasticity in the adult brain. *ScientificWorldJournal*. 2006 Jan 18;6:53-80.

Adlard PA, Perreau VM, Pop V, Cotman CW. Voluntary exercise decreases amyloid load in a transgenic model of Alzheimer's disease. *J Neurosci*. 2005 Apr 27;25(17):4217-21.

Altman, Joseph. Are new neurons formed in the brains of adult mammals? *Science, USA*, n. 135, 1962. p. 1127-1128.

Altman, Joseph; Das, Gopal D. Autoradiographic and histological of postnatal hippocampal neurogenesis in rats. *The Journal of Comparative Neurology, USA*, n. 124, 1965. p. 319-336.

Altman, Joseph; Das, Gopal D. Autoradiographic and histological studies of postnatal neurogenesis: I. A longitudinal investigation of the kinetics, migration and formation of cells incorporating tritiated thymidine in neonate rats, with special reference to postnatal neurogenesis in some brains regions. *The Journal of Comparative Neurology, USA*, n. 126, 1966. p. 337-390.

Bear, Mark F.; Connors, Barry W. & Paradiso, Michael A. *Neuroscience: exploring the brain*. 2^a. ED. Philadelphia, Pennsylvania, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

Bjornebekk A., Mathe A A., Brene S. The antidepressant effect of running is associated with increased hippocampal cell proliferation. *Int J Neuropsychopharmacol*. 2005 Mar 15;1-12

Bonilha L, Rorden C, Castellano G, Pereira F, Rio PA, Cendes F, et al. Voxel-based morphometry reveals gray matter network atrophy in refractory medial temporal lobe epilepsy. *Arch Neurol*. 2004 Sep;61(9):1379-84.

Bonilha L, Rorden C, Castellano G, Cendes F, Li LM. Voxel-based morphometry of the thalamus in patients with refractory medial temporal lobe epilepsy. *Neuroimage*. 2005 Apr 15;25(3):1016-21.

Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T, eds. *Physical Activity, Fitness, and Health: International Proceedings and Consensus Statement*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1994.

Briones TL. Environment, physical activity, and neurogenesis: implications for prevention and treatment of Alzheimer's disease. *Curr Alzheimer Res*. 2006 Feb;3(1):49-54.

Cameron, H. A. Woolley CS, McEwen BS, Gould E. Differentiation of newly born neurons and glia in the dentate gyrus of the adult rat. *Neuroscience*, n. 56, 1993. p. 337-344.

Capodaglio P, Capodaglio Edda M, Facioli M, Saibene F. Long-term strength training for community-dwelling people over 75: impact on muscle function, functional ability and life style. *Eur J Appl Physiol*. 2006 Apr 25

Carlsson S, Andersson T, Wolk A, Ahlbom A. Low physical activity and mortality in women: baseline lifestyle and health as alternative explanations. *Scand J Public Health*. 2006; 34(5):480-7.

Carro, E, Nunez A, Busiguina S, Torres-Aleman I. Circulating insulin-like growth factor I mediates effects of exercises on the brain. *The Journal of Neuroscience, USA*, v. 20, n. 8, 15 Abr. 2000. p. 2926–2933.

Carro E, Torres-Aleman I. The role of insulin and insulin-like growth factor I in the molecular and cellular mechanisms underlying the pathology of Alzheimer's disease. *Eur J Pharmacol*. 2004 Apr 19;490(1-3):127-33.

Casey BJ, Thomas KM, Welsh TF, Badgaiyan RD, Eccard CH, Jennings JR, et al. Dissociation of response conflict, attentional selection, and expectancy with functional magnetic resonance imaging. (2000) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 8728–8733.

Colcombe SJ, Kramer AF, McAuley E, Erickson KI, Scalf P. Neurocognitive aging and cardiovascular fitness: recent findings and future directions. *J Mol Neurosci*. 2004;24(1): 9-14.

Colcombe SJ, Erickson KI, Scalf PE, Kim JS, Prakash R, McAuley E, et al. Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006 Nov;61(11):1166-70.

Cotman CW, Berchtold NC. Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci.* 2002;25:295–301.

Craig, CG, Tropepe V, Morshead CM, Reynolds BA, Weiss S, van der Kooy D. In vivo growth factor expansion of endogenous subependymal neural precursor cell populations in the adult mouse brain. *The Journal of Neuroscience*, 1996 Apr 15;16(8):2649-58.

Dibble LE, Hale T, Marcus RL, Gerber JP, Lastayo PC. The safety and feasibility of high-force eccentric resistance exercise in persons with Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006 Sep;87(9):1280-2.

Dishman RK, Washburn RA, Heath GW. *Physical Activity Epidemiology*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.

Dishman RK, Berthoud HR, Booth FW, Cotman CW, Edgerton VR, Fleshner MR, et al. Neurobiology of exercise. *Obesity (Silver Spring)*. 2006 Mar;14(3):345-56.

Doetsch, Fiona e Alvarez-Buylla, Arturo. Network of tangential pathways for neuronal migration in adult mammalian brain. *PNAS, USA*, n. 93, 1996. p. 14895-14900.

Duan, W. e Mattson, M.P. Dietary restriction and 2-deoxyglucose administration improve behavioral outcome and reduce degeneration of dopaminergic neurons in models of Parkinson's disease. *The Journal of Neuroscience Research, USA*, n. 57, 1999. p. 195–206.

Ernst H, Konturek PC, Hahn EG, Stosiek HP, Brzozowski T, Konturek SJ. Effect of local injection with basic fibroblast growth factor (BFGF) and neutralizing antibody to BFGF on gastric ulcer healing, gastric secretion, angiogenesis and gastric blood flow. *J Physiol Pharmacol.* 2001 Sep;52(3):377-90.

Eriksson PS, Perfilieva E, Bjork-Eriksson T, Alborn AM, Nordborg C, Peterson DA, et al. Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, v. 4, n. 11, Nov. 1998. p. 1313-1317.

Flegal KM, Graubard BI, Williamson DF. Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *JAMA.* 2005;292:1861–7.

Gomez-Pinilla F, So J, Kesslak P. Spatial learning and physical activity contribute to the induction fibroblast growth factor: neural substrates for increased cognition associated with exercises. *Neuroscience, USA*, v. 85, n. 1, Jan. 1998. p. 53-68.

Gomez-Pinilla F, So J, Kesslak P. Spatial learning induces neurotrophin receptor and synapsin I in the hippocampus. *Brain Research, USA*, n. 904, 2000. p. 13–19.

Gould E, Tanapat P, McEwen BS, Flugge G, Fuchs E. Proliferation of granule cell precursors in the dentate gyrus of adult monkeys is diminished by stress. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1998 Mar 17;95(6):3168-71.

Gould E, Reeves AJ, Fallah M, Tanapat P, Gross CG, Fuchs E. Hippocampal neurogenesis in adult old world primates. *PNAS, USA*, v. 96, Abr. 1998. *Neurobiology* p. 5263-5267.

Gould E, Tanapat P, Hastings NB, Shors TJ. Neurogenesis in adulthood: a possible role in learning. *Trends in Cognitive Science, USA*, v. 3, n. 5, Abr. 1999. *Opinion*, p. 186-192.

Gross, Charles. Neurogenesis in the adult brain: death of a dogma. *Nature Reviews Neuroscience, USA*, v.1, Out. 2000. *Reviews*, p. 67-73.

Jacini W, Mendez-Otero R, Santiago MF. Exercício Físico e Neurogênese do Hipocampo de Hamsters Adultos: uma comparação entre exercícios voluntários e forçados. XIX Reunião Anual da Federação de Sociedades de Biologia Experimental (FeSBE) – Águas de Lindóia – SP 2004.

Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Fundamentos da Neurociência e do comportamento. Tradução Charles Alfred Esbérard & Mira Casrilevitz Engelhardt. 4^a. Ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Guanabara Koogan, 2000.

Kiprianova I, Sandkuhler J, Schwab S, Hoyer S, Spranger M. Brain-derived neurotrophic factor improves long-term potentiation and cognitive functions after transient forebrain ischemia in the rat. *Experimental Neurology, USA*, n. 159, 1997. p. 511-519.

Kuhn HG, Winkler J, Kempermann G, Thal LJ, Gage FH. Epidermal growth factor and fibroblast growth factor-2 Have different effects on neural progenitors in the adult rat brain. *The Journal of Neuroscience, USA*, v. 17,n. 151 Ago. 1997. p. 5820–5829

Kushi LH, Byers T, Doyle C, Bandera EV, McCullough M, Gansler T, et al. American Cancer Society Guidelines on Nutrition and Physical Activity for cancer prevention: reducing the risk of cancer with healthy food choices and physical activity. *CA Cancer J Clin.* 2006 Sep-Oct;56(5):254-81; quiz 313-4.

Larson EB, Wang L, Bowen JD, McCormick WC, Teri L, Crane P, et al. Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Ann Intern Med.* 2006 Jan 17;144(2):73-81.

Lent, Roberto. Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência. Rio de Janeiro, RJ: Atheneu, 2002.

Lichtenstein AH, Appel LJ, Brands M, Carnethon M, Daniels S, Franch HA, et al. Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation.* 2006 Jul 4;114(1):82-96.

Liepert J, Hamzei F, Weiller C. Lesion-induced and training-induced brain reorganization. *Restor Neurol Neurosci.* 2004;22(3-5):269-77.

Linda S. Pescatello, Barry A. Franklin, Robert Fagard, William B. Farquhar, George A. Kelley, Chester A. Ray. Exercise and Hypertension *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE* 2004 0195-9131/04/3603-0533

Mattson MP. Neuroprotective signaling and the aging brain: take away my food and let me run. *Brain Res.* 2000 Dec 15;886(1-2):47-53.

Mattson MP, Duan W, Wan R, Guo Z. Prophylactic activation of neuroprotective stress response pathways by dietary and behavioral manipulations. *NeuroRx.* 2004 Jan;1(1):111-6.

Mattson MP, Maudsley S, Martin B. A neural signaling triumvirate that influences ageing and age-related disease: insulin/IGF-1, BDNF and serotonin. *Ageing Res Rev.* 2004 Nov;3(4):445-64. Review.

Mattson MP, Maudsley S, Martin B. BDNF and 5-HT: a dynamic duo in age-related neuronal plasticity and neurodegenerative disorders. *Trends Neurosci.* 2004 Oct;27(10):589-94.

Maxim Mikheev, Christine Mohr, Sergei Afanasiev, Theodor Landis, Gregor Thut. Motor control and cerebral hemispheric specialization in highly qualified judo wrestlers. Received 19 January 2001; accepted 20 November 2001

McGavock JM, Anderson TJ, Lewanczuk RZ. Sedentary lifestyle and antecedents of cardiovascular disease in young adults. *Am J Hypertens.* 2006 Jul;19(7):701-7.

Nakatomi H, Kuriu T, Okabe S, Yamamoto S, Hatano O, Kawahara N, et al. Regeneration of hippocampal pyramidal neurons after ischemic brain injury by recruitment of endogenous neural progenitors. *Cell*, v.10, 23 Ago. 2002. p. 429-441.

Neeper SA, Gomez-Pinilla F, Choi J, Cotman C. Exercise and brain neurotrophins. *Nature, USA*, v. 373, 12 Jan. 1995. p109.

Neeper SA, Gomez-Pinilla F, Choi J, Cotman CW. Physical activity increases mRNA for brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in rat brain. *Brain Research, USA*, n. 726, 1996. p. 49-56.

Nelson AJ, Iwamoto GA. Reversibility of exercise-induced dendritic attenuation in brain cardiorespiratory and locomotor areas following exercise detraining. *J Appl Physiol.* 2006 Oct;101(4):1243-51.

Park IS, Han JW, Lee KJ, Lee NJ, Lee WT, Park KA, et al. Evaluation of morphological plasticity in the cerebella of basketball players with MRI. *J. Korean Med. Sci.* 2006; 21: 342-6.

Persson AI, Naylor AS, Jonsdottir IH, Nyberg F, Eriksson PS, Thorlin T. Differential regulation of hippocampal progenitor proliferation by opioid receptor antagonists in running and non-running spontaneously hypertensive rats. *Eur J Neurosci.* 2004 Apr;19(7):1847-55.

Philippe Perrin, Dominique Deviterne, Francine Hugel, Cyril Perrot. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. Received 9 May 2000; accepted 7 June 2001

Raewyn, M. Seaberg e van Der Kooy, Derek. Adult rodent neurogenic regions: the ventricular subependyma contains neural stem cells, but the dentate gyrus contains restricted progenitors. *The Journal of Neuroscience, USA*, v. 22, n. 5, 1 Mar. 2002. p. 1784-1793.

Rakic P. Adult neurogenesis in mammals: an identity crisis. *J. Neurosci.* 2002 Feb 1;22(3):614-8.

Rasool, C. G. Svendsen, C & Selkoe, D. L. Neurofibrillary degeneration of cholinergic and non-cholinergic neurons of the basal forebrain in Alzheimer's disease. *Annual Neurology*, n. 20, 1986. p. 482-488.

Raustorp A, Mattsson E, Svensson K, Stahle A. Physical activity, body composition and physical self-esteem: a 3-year follow-up study among adolescents in Sweden. *Scand J Med Sci Sports.* 2006 Aug;16(4):258-66.

Ray J, Peterson DA, Schinstine M, Gage FH. Proliferation, differentiation and long-term culture of primary hippocampal neurons. *PNAS, USA*, v. 90, 1993. p. 3602-3606.

Rideout CA, McKay HA, Barr SI. Self-reported lifetime physical activity and areal bone mineral density in healthy postmenopausal women: the importance of teenage activity. *Calcif Tissue Int.* 2006 Oct;79(4):214-22.

Rhodes JS, van Praag H, Jeffrey S, Girard I, Mitchell GS, Garland T Jr, et al. Exercise Increases Hippocampal Neurogenesis to High Levels but Does Not Improve Spatial Learning in Mice Bred for Increased Voluntary Wheel Running. *Behav Neurosci.* 2003 Oct;117(5):1006-16.

Robertson MC, Campbell AJ, Gardner MM, Devlin N. Preventing injuries in older people by preventing falls: a meta-analysis of individual-level data. *J Am Geriatric Soc.* 2002;50:905-11.

Samuel-Hodge CD, Hill-Briggs F, Gary TL. Lifestyle intervention for prevention and treatment of type 2 diabetes. *Nurs Clin North Am.* 2006 Dec;41(4):567-88, vii.

Seong-Min R, Kim H, Mi-Hyeon J, Min-Chul S, Taeck-Hyun L, Baek-Vin L, et al. Treadmill running and swimming increase cell proliferation in the hippocampal dentate gyrus of rats. *Neuroscience Letters*, 333 (2002) 123-126.

Seri B, Garcia-Verdugo JM, McEwen BS, Alvarez-Buylla A. Astrocytes give rise to new neurons in the adult mammalian hippocampus. *The Journal of Neuroscience, USA*, v. 21, n. 18, 15 Set. 2001. p. 7153-7160.

Smith AD, Zigmond MJ. Can the brain be protected through exercise? Lessons from an animal model of parkinsonism. *Exp Neurol*. 2003;184:31–9.

Staffileno BA, Coke LA. Recruiting and retaining young, sedentary, hypertension-prone African American women in a physical activity intervention study. *J Cardiovasc Nurs*. 2006 May-Jun;21(3):208-16.

Stanley J. Colcombe, Arthur F. Kramer, Kirk I. Erickson, Paige Scalf, Edward McAuley, Neal J. Cohen, et al. Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *PNAS*, vol. 101, no. 9, March 2, 2004 3316–3321

Stevens J, Killeen M. A randomised controlled trial testing the impact of exercise on cognitive symptoms and disability of residents with dementia. *Contemp Nurse*. 2006 Feb-Mar;21(1):32-40.

Suominen H. Muscle training for bone strength. *Aging Clin Exp Res*. 2006 Apr;18(2): 85-93.

Tanapat P. e Gould E. Estrogen stimulates the proliferation of granule cell precursors in the adult dentate gyrus. *Society of Neuroscience Abstract*, n. 24, 1998. p. 796.

Tillerson JL, Caudle WM, Reveron ME, Miller GW. Exercise induces behavioral recovery and attenuates neurochemical deficits in rodent models of Parkinson's disease. *Neuroscience*. 2003;119(3):899-911.

Uhl GR, Hedreen JC, e Price DJ. Parkinson's disease: loss of neurons from the ventral tegmental area contralateral to therapeutic surgical lesions. *Neurology*, n. 35, 1985. p. 1215-1218.

van Praag H, Christie BR, Gage FH. Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature Neuroscience, USA*, v.2, n. 3, Março 1999. p. 266-270.

van Praag H, Christie BR, Sejnowski TJ, Gage FH. Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. PNAS, USA, v. 96, N. 23, 9 Nov. 1999. Neurobiology, p. 13427-13431.

Wallace JP. Exercise in Hypertension: A Clinical Review. Sports Med 2003; 33 (8): 585-598

World Health Organization. HEALTHIER LIVING, Regional Committee for Europe at its forty-eighth session, Copenhagen, September 1999.

Yancey AK, McCarthy WJ, Harrison GG, Wong WK, Siegel JM, Leslie J. Challenges in improving fitness: results of a community-based, randomized, controlled lifestyle change intervention. J Womens Health (Larchmt). 2006 May;15(4):412-29.

Yoshimura S, Takagi Y, Harada J, Teramoto T, Thomas SS, Waeber C, et al. FGF-2 regulation of neurogenesis in adult hippocampus after brain injury. PNAS, USA, v. 98, Nov. 2001. Neurobiology, p. 5874-5879.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Efeito do Exercício Físico na **Plasticidade Cerebral**

Pesquisador: Wantuir Francisco Siqueira Jacini

Orientador: Prof. Dr. Li Li Min

Formulário de consentimento para pesquisa médica apresentado ao Comitê de Ética da
Universidade Estadual de Campinas

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Campinas, agosto de 2005

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO PARA PESQUISA MÉDICA

Título do projeto: “*Efeitos do exercício físico na plasticidade cerebral*”

Orientador: Prof. Dr. Li Li Min

Investigadores principais: Wantuir Francisco Siqueira Jacini

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – Departamento de Neurologia

RESUMO INFORMATIVO

Este estudo será realizado para observar as características morfológicas e funcionais do cérebro de atletas de judô e atletismo através de imagem por ressonância magnética nuclear. A realização desse estudo pode contribuir para dar conhecimento de diferentes mecanismos cerebrais envolvidos nessas duas modalidades desportivas. Visto que elas envolvem muitas habilidades motoras distintas, o que no caso implica em diferentes formas de aprendizagem motora. A realização de um estudo como esse pode ser importante, a medida que se desenvolva novas formas melhores de aprendizagem, e no auxílio de doenças neurológicas.

A participação na pesquisa não implica em quaisquer riscos ou prejuízos para os sujeitos participantes. O único desconforto relacionado a este exame é o ruído intermitente durante o exame (serão providenciados tapa-ouvidos para todos os participantes).

A aquisição de imagem por ressonância magnética não utiliza raios X ou outro tipo de radiação ionizante, ao contrário de outros tipos de exame radiológicos. As imagens são obtidas graças a um campo magnético, gerado por um magneto (ímã), ligado a um transmissor e receptor de ondas de rádio e um computador que é utilizado para obter as informações bioquímicas e imagens da anatomia interna. Não existem efeitos nocivos associados com a ressonância magnética dentro das condições utilizadas atualmente. É um método não-invasivo de estudo, e totalmente seguro para os sujeitos analisados no estudo.

Os indivíduos portadores de marca-passos cardíacos, clipe de cirurgia para aneurisma cerebral ou qualquer outro objeto metálico corporal, serão retirados do estudo, pois a presença desses objetos, somente nesse caso, pode vir a causar algum dano ou desconforto a esses indivíduos.

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO PARA PESQUISA MÉDICA

Título do projeto: “*Efeitos do exercício físico na plasticidade cerebral*”

Orientador: Prof. Dr. Li Li Min

Investigadores principais: Wantuir Francisco Siqueira Jacini

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – Departamento de Neurologia

OBJETIVO DA PESQUISA

Eu _____ entendo que fui convidado (a) a participar de um projeto de pesquisa envolvendo atletas de judô e atletismo. O objetivo geral do estudo é observar características da plasticidade cerebral desses atletas. Sou atleta de judô ou atletismo.

PROCEDIMENTO

Eu entendo que, se concordar em participar desse estudo, não serei submetido (a) a nenhum exame ou procedimento além de ressonância magnética nuclear no Departamento de Neurologia da FCM-UNICAMP.

VANTAGENS

Eu entendo que não obterei nenhuma vantagem direta com a minha participação nesse estudo. Contudo, os resultados desse estudo podem, a longo prazo, oferecer vantagens para o tratamento de doenças neurológicas.

SIGILO

Eu entendo que todas as informações médicas decorrentes desse projeto de pesquisa farão parte de meu prontuário médico e serão submetidos aos regulamentos do HC-UNICAMP referentes ao sigilo da informação médica. Se os resultados ou informações fornecidas forem utilizados para fins de publicação científica, nenhum nome será utilizado.

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO PARA PESQUISA MÉDICA

Título do projeto: “*Efeitos do exercício físico na plasticidade cerebral*”

Orientador: Prof. Dr. Li Li Min

Investigadores principais: Wantuir Francisco Siqueira Jacini

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – Departamento de Neurologia

RECUSA OU DESCONTINUAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO

Eu entendo que a minha participação é voluntária e que eu posso me recusar a participar ou retirar o meu consentimento e interromper a minha participação no estudo a qualquer momento sem que venha sofrer algum tipo de constrangimento ou prejuízo nos cuidados médicos que eventualmente possa vir a receber no futuro no HC-UNICAMP.

CONFIRMAÇÃO

Eu confirmo que o Mestrando Wantuir Francisco Siqueira Jacini me explicou o objetivo e a importância do estudo, os procedimentos aos quais serei submetido e os riscos envolvidos. Eu li e compreendi esse formulário de consentimento, bem como o resumo em anexo e estou de pleno acordo em participar desse estudo.

Nome:

Peso:

Altura:

Idade:

RG:

Sexo:

Endereço:

Cidade:

CEP:

Telefone:

Celular:

E-mail:

Responsável Legal:

RG do responsável legal:

Telefone do responsável legal:

Data:

Assinatura:

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO PARA PESQUISA MÉDICA

Título do projeto: “*Efeitos do exercício físico na plasticidade cerebral*”

Orientador: Prof. Dr. Li Li Min

Investigadores principais: Wantuir Francisco Siqueira Jacini

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – Departamento de Neurologia

Autores do Projeto

1. Prof. Wantuir Francisco Siqueira Jacini, CREF 011362 – G/RJ

CPF 042.684.917-59

Autor do projeto e aluno de Mestrado do Programa de Fisiopatologia Médica FCM–UNICAMP, área de concentração de Neurociências.

Departamento de Neurologia FCM–UNICAMP, Laboratório de Neuroimagem, HC–UNICAMP.

Endereço residencial:

Telefone: (0xx19) 3252-5704

Rua Coronel Quirino, 315 apto. 25

CEP 13025 – 000

Bairro Cambuí – Campinas – SP

Endereço de trabalho:

Departamento de Neurologia, FCM–UNICAMP

Cidade Universitária Zeferino Vaz, Caixa Postal 6111

Campinas – SP CEP 13083

Tel.: (0xx19) 3788-7372 Email: wantuir@gmail.com

2. Prof. Dr. Li Li Min CRM

CPF 646.414.309-34

Orientador do projeto de Mestrado

Professor Doutor do Departamento de Neurologia FCM–UNICAMP, Laboratório de Neuroimagem, HC–UNICAMP.

Endereço residencial:

Telefone: (0xx19)

Rua João Simões da Fonseca, 7

CEP 13085 – 050

Bairro Barão Geraldo – Campinas – SP

Endereço de trabalho:

Departamento de Neurologia, FCM–UNICAMP

Cidade Universitária Zeferino Vaz, Caixa Postal 6111

Campinas – SP CEP 13083

Tel.: (0xx19) 3788-7372 Email: limin@fcm.unicamp.br

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO PARA PESQUISA MÉDICA

Título do projeto: “*Efeitos do exercício físico na plasticidade cerebral*”

Orientador: Prof. Dr. Li Li Min

Investigadores principais: Wantuir Francisco Siqueira Jacini

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – Departamento de Neurologia

Nome da testemunha

Assinatura da testemunha

data

RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR

Eu expliquei a _____ o objetivo do estudo, os procedimentos requeridos e os possíveis riscos e vantagens que poderão advir do estudo, usando o melhor do meu conhecimento. Eu me comprometo a fornecer uma cópia desse formulário de consentimento ao participante ou responsável.

Nome do pesquisador ou associado

Assinatura do pesquisador ou associado

data

APÊNDICE 2

Os resultados preliminares desse estudo foram apresentados e publicados nos anais no congresso: 12th Annual Meeting Human Brain Mapping, June 11 - 15, 2006 Florence, Italy, com o título:

Can exercise shape your brain? Plasticity related changes in the cortex associated with the practice of judô. Wantuir FS Jacini¹, Pablo A Rio^{1,3}, Leonardo Bonilha⁴, Paula Datti¹, Fernando Cendes^{1,2}, Li Min Li^{1,2}.

¹ Lab of Neuroimaging - University of Campinas, ² Department of Neurology - University of Campinas, ³ Institute of Physics - University of Campinas ,

⁴ University of South Carolina.