

# Neurociência do esporte e do exercício

## *Neuroscience of sport and exercise*

Emílio Takase

### *Resumo*

Os avanços tecnológicos de imageamento cerebral, nos últimos dez anos, resultaram em uma maior compreensão da mente humana, contribuindo, ainda, para o progresso de uma subárea da Ciência do Esporte: a Psicologia do Esporte e Exercício (PEE). Mesmo assim, ainda existem poucos trabalhos sendo desenvolvidos e aplicados pelos psicólogos do esporte e exercício cujo enfoque seja a Neurociência Cognitiva e Comportamental (NCC). Assim, neste artigo pretendo apresentar alguns resultados de pesquisas recentes na área da NCC e sugerir mudanças de paradigmas na atuação do futuro profissional em PEE. Nesse contexto, seria relevante pensar em uma nova proposta - a Neurociência do Esporte e do Exercício - para estimular a criação de um novo caminho para as questões de performance e saúde mente-corpo.

**Palavras-chave:** neurociência, psicologia do esporte, cérebro, exercício.

### *Abstract*

The technological advances of cerebral mapping, in last the ten years, have contributed towards the understanding of the human mind, and to the development of one particular subarea in Sport Sciences: the Psychology of Sport and Exercise (PSE). Nevertheless, little has been advanced by psychologists of Sport and Exercise with an emphasis in Cognitive and Behavioral Neuroscience (CBN). Thus, in this article I intend to present some relevant results in NCB and to suggest paradigm shifts for the future professional in PSE. In this regard, it would be interesting to create a new Neuroscience of Sport and Exercise to stimulate the development of novel ways to approach sports performance and mind-body health.

**Key-words:** neuroscience, sports psychology, brain, exercise.

EMÍLIO TAKASE é professor do Laboratório de Neurociência do Esporte e Exercício, Departamento de Psicologia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.

**Correspondência:**  
takase@cfh.ufsc.br

## Introdução

Nos últimos 30 anos, os trabalhos desenvolvidos pelos psicólogos do esporte e do exercício (PEE) têm estado em constante evolução. Porém, ainda há muito a se entender sobre o desempenho dos atletas, a aderência ao treino, a concentração, entre outros temas da PEE. Apesar de inúmeras pesquisas nos últimos anos sobre a PEE, muitas estiveram focadas a temas clássicos, como ansiedade, motivação e concentração, nas quais utilizaram-se instrumentos como questionários e inventários. Por questões econômicas e dispêndio de tempo, em muitas das pesquisas atuais, envolvendo seres humanos, os resultados se reduzem à análise de questionários, inventários e entrevistas, que são apenas a análise de conteúdo e a descrição, muitas vezes, dos comportamentos das pessoas. Além disso, muitas dessas pesquisas estão relacionadas aos aspectos emocionais, deixando de lado os aspectos cognitivos. Assim, esses resultados *não* têm contribuído para: a) diminuir horas de treinamento e melhorar a qualidade de treinamento dos atletas; b) motivar as pessoas para a prática de exercício físico e mental; c) compreender melhor a pessoa individualmente, oferecendo um trabalho diferenciado e d) oferecer às crianças uma iniciação esportiva adequada a sua faixa etária.

Por outro lado, a década de 90 representou um marco no que diz respeito ao início da nossa história científica e tecnológica na compreensão do cérebro. Assim, a partir das descobertas já feitas, é possível imaginar os avanços na compreensão do comportamento humano através de novos estudos da Neurociência Cognitiva e Comportamental (NCC) e na criação de novas áreas de estudo como a neuroteologia [1,2], neuromarketing [3], neuroeconomia [4,5].

Por outro lado, é inegável a contribuição das Neurociências à Ciência do Esporte, uma vez que já estão sendo aplicados resultados de pesquisas à Psicologia do Esporte e Exercício, à Medicina do Esporte, à Fisioterapia do Esporte, à Nutrição do Esporte e à Educação Física. Assim, nesta revisão, pretendo apresentar alguns resultados de pesquisas em NCC que podem ser aplicados à Psicologia do Esporte e Exercício (PEE) e, além disso, propor a criação de uma Neurociência do Esporte e do Exercício.

### Neurociência e psicologia do esporte

O sucesso do atleta na maioria das modalidades esportivas depende muito do preparo físico e psicológico, sendo que algumas modalidades esportivas como

o tênis e tênis de mesa, por exemplo, dependem muito mais do fator psicológico do que do físico. É freqüente observar a relação entre a capacidade de concentração e o desempenho do atleta em várias modalidades esportivas. Mesmo treinando muitas horas, erros são freqüentes. Um pênalti pode tirar o sonho de um atleta e da equipe de ganhar uma medalha de ouro; o tenista conhecido por realizar aquele saque indefensável pode apresentar falhas constantes durante o jogo.

As pesquisas desenvolvidas pela pesquisadora Joan N. Vickers da University of British Columbia, por exemplo, utilizando a técnica do *quiet eye* [9], demonstram avanços no que diz respeito ao desempenho no lance livre no basquete [6] ou no saque no tênis de mesa [7,8]. Nesta técnica, equipamentos acompanham a direção do olhar do atleta durante o lance livre, mostrando se ele focaliza ou não o alvo. Apesar dos resultados de Vickers *et al.* não estarem baseados nas bases neurais do comportamento, os estudos da pesquisadora Debbie Crews (citada em 9) sugerem que há um equilíbrio/harmonia das ondas cerebrais nos atletas experientes em golfe comparados aos novatos na hora de atirar. Um outro estudo [10], por exemplo, verificou que em atiradores de elite, a atividade alfa (8 Hz-12 Hz) no EEG da região occipital diminui durante o melhor desempenho, enquanto que há um aumento da onda alfa no pior desempenho.

Existem outras funções cognitivas que auxiliam no bom desempenho do atleta, como a orientação visuo-espacial. Por exemplo, a posição do levantador de vôlei exige do atleta um grande esforço de orientação visuo-espacial e de memória de trabalho para lançar a bola no local e altura exatos para que seu companheiro de time possa cortá-la. Em um estudo sobre orientação espacial e memória de trabalho, Lepsien *et al.* [11] deram aos participantes a tarefa de memorizar estímulos coloridos em determinadas posições dentro de um quadrado de fundo branco, sendo depois apresentada uma nova configuração destes mesmos estímulos. Os resultados revelaram, através do imageamento cerebral de ressonância magnética funcional (fMRI), a ativação de diferentes áreas cerebrais - o córtex parietal posterior, a insula e córtex pré-frontal medial e lateral - durante a tarefa de memória de trabalho e orientação espacial. É possível que estas mesmas áreas sejam ativadas no levantador de vôlei durante sua performance, já que é alta a exigência do atleta em também ficar atento às posições e movimentações dos demais colegas para conseguir levantar a bola na posição correta.

Não apenas no vôlei, mas também em outras modalidades esportivas, o atleta depende muito da

habilidade visuo-espacial: por exemplo, o atacante de futebol, o armador central de handbol e basquete, os atacantes no futsal, entre outras posições nas diversas modalidades esportivas. Manning & Taylor [12] mostraram que os melhores jogadores ingleses de futebol americano apresentavam o quarto dígito mais longo que o segundo dígito, indicação de altos níveis hormonais de testosterona durante a fase adulta e fetal [13]. Os autores supõem que tais níveis elevados devem ser importantes para estabelecer e manter as funções das habilidades visuo-espaciais do sexo masculino [12]. O elo estaria durante a décima quarta semana de gestação, quando a liberação do hormônio testosterona influencia tanto a definição do comprimento do quarto dígito, quanto o desenvolvimento do hemisfério direito do cérebro – com funções como a orientação espacial [13]. Outra pesquisa mostrou que a diferença de comprimento do quarto em relação ao segundo dígito e a influência do hormônio testosterona no cérebro no pré-natal modifica/melhora as habilidades cognitivas tanto de homens como de mulheres [14]. No caso do sexo feminino, o estudo mostrou que as mulheres que apresentam uma maior razão entre o quarto e o segundo dígitos também possuem melhor desempenho em navegação espacial [15].

Mas o que vale ter as bases neurobiológicas inatas se os atletas ou mesmo as crianças/adultos não recebem treinamentos adequados para melhorar a performance? Um estudo recente mostrou que a memorização de detalhes em crianças de cinco anos é maior do que nos adultos, já que nessa faixa etária a criança ainda está mais atenta aos estímulos novos [16]. Isso mostra que uma criança presta mais atenção aos estímulos visuais presentes nos objetos e ambiente do que o adulto. Se um técnico/professor souber educar/ensinar e desenvolver essas capacidades cognitivas desde a tenra idade, é provável que um jovem apresente desenvolvimento sensório-motor e visual muito acima daqueles que não receberam treinamento baseado na neurociência cognitiva e comportamental. É o caso de alguns atletas jogadores de futebol, como Ronaldinho, Ronaldinho Gaúcho, Romário, Robinho, entre outros, e atletas da ginástica rítmica como Daiane e Daniela, que na infância e adolescência tiveram oportunidades de desenvolver diversas habilidades físicas e cognitivas em função da adversidade e diferentes estímulos que o ambiente propiciava, muito diferentes daquelas crianças que vivem em apartamentos ou aprendem em escolinhas esportivas.

Para as crianças em desenvolvimento físico, cognitivo e emocional, é muito importante que os educadores compreendam os processos bio-psico-sociais

que estão envolvidos no melhor desempenho físico e psicológico. Porém, até o momento, poucos estudos têm demonstrado o quanto o treino/exercício pode modificar a estrutura cerebral de um adulto e de crianças, e conseqüentemente influenciar na melhora das habilidades motoras e mentais, apesar de empiricamente observarmos que há mudanças comportamentais significativas. Draganski *et al.* [17], por exemplo, realizaram um estudo para verificar se há mudança estrutural no cérebro de jovens que aprenderam, ao longo de três meses, a fazer malabarismo para manter no ar três bolinhas. Passado o período de treino, os autores verificaram, através de ressonância magnética funcional, aumento de área no córtex visual e parietal, associados possivelmente à melhora da visão de movimento e na localização espacial, respectivamente. Esta pesquisa revelou que o cérebro pode se modificar estruturalmente e não somente funcionalmente em jovens adultos, remetendo à questão da neurogênese e neuroplasticidade estrutural e funcional do cérebro depois do indivíduo se tornar adulto. Podemos pensar que, se uma criança recebe estimulações sensório-motoras adequadas durante o seu desenvolvimento, ao se tornar adulto não seria mais fácil executar diferentes atividades físicas e mentais?

Mas, comparado aos adultos, o que nos chama a atenção é o comportamento de imitação muito freqüente nas crianças. Se as crianças aprendem os movimentos de outros atletas profissionais (seus ídolos) apenas através da imitação e sem a presença de um tutor/professor, será que poderíamos pensar que no cérebro da criança o processo de aprendizagem motora é mais fácil? A pesquisa conduzida por Calvo-Merino *et al.* [18] é um exemplo em NCC que levanta contribuições para a diminuição de horas de treinamento. Estes pesquisadores utilizaram fMRI para comparar a atividade cerebral entre 10 bailarinos profissionais, 9 profissionais em capoeira e 10 não experientes, ou seja, pessoas que não possuíam habilidades nem em dança nem em capoeira (grupo controle). Durante o teste de imageamento cerebral foi apresentada uma seqüência de movimentos de balé e capoeira com duração de 3 segundos, respectivamente, para os 3 grupos amostrais. Os resultados revelaram que há a ativação bilateral da região do córtex pré-motor, sulco intraparietal, lobo parietal superior direito e sulco temporal superior posterior em bailarinos e capoeiristas experientes em resposta ao movimento apresentado, comparado a movimentos que não haviam recebido treinamento anterior. Por outro lado, no grupo controle não houve ativação em nenhuma das regiões ativadas nos bailarinos e capoeiristas profissionais.

Outra pesquisa relacionada à plasticidade cerebral motora e treinamento é a de Mikheev *et al.* [19] com atletas de judô. Neste estudo, foram realizados testes de lateralidade do tempo de reação no processamento visual e auditivo em atletas experientes e não experientes. Houve preferência pelo hemisfério direito do cérebro para processamento verbal e informação visuo-espacial e pelo hemisfério esquerdo do cérebro para percepção da fala. Os resultados sugerem que o treinamento alterou a preferência de lateralidade dos atletas, sugerindo que a plasticidade cerebral motora nesta modalidade esportiva é significativa. Após anos de treino em judô, a lateralidade do comportamento motor do atleta pode ser alterada, permitindo que se utilize alguns golpes com a mão esquerda mais do que a direita, mesmo sendo destro.

Assim como as características biológicas e ambientais podem contribuir na mudança no desempenho das pessoas, alterando as funções cognitivas e emocionais, o treino em alguns jogos de videogame também tem mostrado melhora da capacidade de concentração (atenção tanto a foco interno como externo), das estratégias de aprendizagem, do controle da ansiedade, entre outras habilidades cognitivas e emocionais. Por exemplo, um estudo de Green & Bavelier [20] mostrou que os jogadores novatos em videogame obtiveram melhora na atenção visual após 10 dias de treino. Além disso, este estudo demonstrou que os jogadores também tiveram melhoradas a capacidade de orientação espacial e resolução temporal.

Os constantes avanços na instrumentação do biofeedback e dos softwares amigáveis, projetados por profissionais da saúde e engenheiros, têm oferecido melhor compreensão sobre o uso das tecnologias computacionais que gerenciam reações emocionais e medidas psicofisiológicas de pessoas durante sessões de psicoterapia e treinamento da auto-regulação. Nas pesquisas em neurociência do comportamento, é possível utilizar, por exemplo, monitor de frequência cardíaca [21], resposta galvânica da pele [22, 23], EEG biofeedback ou neurofeedback [24, 25], entre outros equipamentos, para registrar mudanças psicofisiológicas em várias situações determinadas pelo pesquisador/profissional do esporte.

O neurofeedback, por exemplo, que soma treinamento de ondas cerebrais (utilizando o modelo de condicionamento operante) e outros métodos de neuroterapia, dentro de um protocolo da psicoterapia, tem auxiliado cada vez mais os médicos e psicólogos nos EUA e em outros países no tratamento em distúrbios como dependência química, depressão, estresse pós-traumático, hiperatividade e distúrbio da atenção, de-

sordens dissociativas e concentração em atletas. A pesquisa de Singer [25], por exemplo, examinou como o treinamento em neurofeedback afetava o desempenho e ansiedade de dançarinos profissionais. Foram colocados dois sensores na região do T3 e T4 (região temporal do cérebro), e concomitantemente os dançarinos receberam 20 sessões de neurofeedback com duração de 30 minutos. A ansiedade foi avaliada através do *State-Trait Anxiety Inventory Test* (STAI). Os resultados indicaram que houve diminuição da ansiedade e, conseqüentemente, melhora no desempenho, após as sessões de neurofeedback.

A NASA ([http://oea.larc.nasa.gov/news\\_rels/2000/00-063.html](http://oea.larc.nasa.gov/news_rels/2000/00-063.html)) liberou a licença da tecnologia de biofeedback baseado em videogame para a empresa *CyberLearning Technology* (<http://www.smartbraingames.com/nasa.asp>). Este equipamento de neurofeedback baseado em videogame permite que a criança seja monitorada através do EEG enquanto joga. Por estar sendo monitorada pelo EEG, o programa registra e analisa cada jogada da criança e faz com que ela siga uma certa ordem sem alterar o estado atencional. Os indivíduos monitorados aprendem rapidamente a controlar os níveis de dificuldade do jogo após 10 horas de treino com neurofeedback [26].

Ao que parece, podemos inferir que as novas tecnologias digitais e os estudos das neurociências estão trazendo novas possibilidades na melhora do desempenho, reduzindo o tempo de treino/sessões. Por que não um programa dessa natureza para desenvolver algumas habilidades cognitivas e emocionais em atletas ou mesmo melhorar a performance do trabalhador ou de estudantes? Apesar desses avanços tecnológicos de imageamento cerebral, é fundamental a realização de mais pesquisas em biofeedback com EEG para o desenvolvimento de novos protocolos de intervenção, no qual o treinamento das ondas cerebrais possibilite a melhora no desempenho cognitivo e emocional.

## Neurociência e psicologia do exercício

No Brasil, sempre ouvimos falar do psicólogo do esporte, mas não do psicólogo do exercício. O psicólogo do exercício é o profissional que, através da prática de atividade física, proporciona o bem estar físico e, principalmente, o mental. Com a onda de crescimento de doenças neurodegenerativas, obesidade, depressão, cardiopatias, entre outras, a presença de um profissional de psicologia do exercício se faz necessária em clínicas, academias, clubes, escolas, e outros locais. Por outro lado, transformar a atividade física em rotina ainda é um desafio muito grande para os profis-

sionais da saúde e do esporte. Mesmo em relação à psicologia do esporte, há muitas pesquisas nessa área, mas poucas sobre o quanto a atividade física pode beneficiar a saúde do cérebro.

O nosso dia-a-dia é uma soma de emoções, sobre muitas das quais não temos controle e, quando surge uma doença, muitas vezes é tarde para reverter um quadro clínico, como o câncer ou um AVC. Assim, as pesquisas sobre a atividade física têm mostrado o quanto é importante aos praticantes estarem conscientes dos exercícios na obtenção de resultados. Esse enunciado é sustentado por investigações como a de Brigman & Cherry [27], na qual sujeitos jovens e idosos foram investigados. Os sujeitos foram separados em dois grupos, quanto a sua faixa etária, com o objetivo de analisar as capacidades de memória de trabalho, velocidade de processamento de dados e de desenvolvimento no desempenho qualificado após três dias de treinamento. O estudo concluiu que ambos os grupos apresentaram melhora em seus desempenhos cognitivos, reforçando a hipótese que pessoas idosas, quando estimuladas, também são capazes de apresentar melhoras nas variáveis investigadas.

O efeito da manutenção e do treinamento das exigências biológicas pode ser tão benéfico ao sistema nervoso que, em muitos casos, é possível que doenças conhecidas como a demência ou a neurodegeneração possam ser retardadas ou até mesmo se manifestar de forma insignificante em idosos que se mantêm ativos durante toda a velhice [28-32]. Entre os fatores responsáveis pelo aumento da eficiência do sistema nervoso está a maior capacidade da produção de neurotransmissores. O efeito desse fator é bem documentado em estudos com animais, como o realizado por Dey [33,34], que investigou as alterações de metabolismo do neurotransmissor serotonina no sistema nervoso de ratos que foram induzidos ao exercício físico, além das possíveis relações com o efeito antidepressivo. Os resultados sugeriram que a transmissão serotoninérgica se mostrou aumentada, principalmente pelo aumento dos seus receptores. Esses efeitos podem durar até uma semana após o término das atividades físicas. Assim, o autor concluiu que, possivelmente em humanos, a prática de esportes pode aumentar os níveis do neurotransmissor serotonina, exercendo um importante papel na prevenção e auxílio de tratamento da depressão.

Por outro lado, estimular as pessoas à prática de uma atividade física não é tarefa fácil. Para auxiliar esse processo, um estudo de Simonen *et al.* [35] sugere que o receptor dopaminérgico D2, responsável pelo controle motor e mecanismo de recompensa, pode ser um fator

que aumenta o interesse das pessoas por praticar atividade física. Este trabalho demonstrou uma correlação entre polimorfismo do gene DRD2 deste receptor dopaminérgico em mulheres de raça branca e negra e a prática de atividade física. Para aquelas pessoas que praticam atividade física regular, portanto, o gene DRD2 pode ter participação importante na aderência ao treino. De qualquer forma, várias pesquisas têm indicado o papel da atividade física nos neurotransmissores e sua contribuição na compreensão da saúde cerebral [36-38].

Uma outra região do cérebro cuja análise pode contribuir em futuros estudos de alterações cerebrais a partir da atividade física é o lobo frontal. Esta área tem chamado a atenção dos neurocientistas, já que hoje se exige cada vez mais do lobo frontal (planejamento, tomada de decisão, memória de trabalho, entre outras funções) para obter melhora no desempenho na sociedade da informação e tecnológica. Hoje, os resultados desses estudos vêm a partir da utilização de animais, principalmente roedores, e de pessoas que tiveram alguma lesão no lobo frontal. Vários estudos têm relacionado a prática da meditação com a ativação do lobo frontal [21, 39-42]. Por exemplo, a pesquisa de Dietrich [40] sugere que os estados alterados da consciência são ativados pela região do córtex pré-frontal do cérebro. Já a pesquisa conduzida por Peng [21] mostra que a amplitude da frequência cardíaca, uma resposta autônoma, aumenta significativamente durante a meditação. Através de pesquisas com praticantes, por exemplo, os neurocientistas buscam compreender melhor o cérebro e os benefícios que a ioga pode trazer para a saúde das pessoas.

## Conclusão

Foram apresentados alguns artigos relacionados à NCC e à PEE, demonstrando que estudos na NCC estão contribuindo para o avanço científico e tecnológico da PEE. Outros estudos, não abordados, como os sobre a visualização [43] e a hipnose [44], também revelam contribuições da NCC à PEE.

Um ponto importante a ressaltar é a necessidade da elaboração de meios na redução do tempo de treinamento através do desenvolvimento de ferramentas e modelos de intervenção que se ajustem às características físicas e psicológicas individuais. Por outro lado, é importante que as crianças e adolescentes também possam receber uma educação adequada às necessidades do desenvolvimento físico e psicológico baseada nos estudos da NCC pelos profissionais da PEE.

Através dos avanços de imageamento cerebral e biofeedback por EEG, em um futuro próximo será possí-

vel uma melhor compreensão do cérebro nas diversas situações de tarefas cognitivas e emocionais, auxiliando os pesquisadores a construir novas alternativas no treinamento/desenvolvimento das habilidades físicas e psicológicas, a fim de melhorar a performance e o equilíbrio mente-corpo das pessoas. A formação de psicólogos do esporte e do exercício com enfoque em NCC fará diferença nos próximos anos, pois negar as contribuições da NCC é impedir o desenvolvimento ou atrofiamento de novas teorias psicológicas.

Os psicólogos do esporte e exercício a médio prazo serão influenciados e motivados a introduzir a NCC nos seus trabalhos e disciplinas porque: a) na maioria das modalidades esportivas, a competitividade está sendo decidida cada vez mais pelo lado mental; b) no desenvolvimento físico e psicológico das crianças, o enfoque em neurociências é fundamental na educação e c) na área da saúde, quanto mais cedo introduzirmos o trabalho mental à atividade física, melhores serão os benefícios a longo prazo.

Quem sabe, no futuro próximo podemos estar articulando um evento científico chamado “I Congresso Brasileiro de Neurociência do Esporte e Exercício”, onde as contribuições da NCC à PEE serão inquestionáveis ao avanço científico e tecnológico da sociedade do século XXI.

## Referências

1. Ashbrook JB. “Mind” as Humanizing the Brain: Toward a Neurotheology of Meaning. *Zygon* 1997;32(3):299-457.
2. Winkelman M. Shamanism as the original neurotheology. *Zygon* 2004;39(1):193-217.
3. Walter H, Abler B, Ciaramidaro A, Erk S. Motivating forces of human actions: Neuroimaging reward and social interaction. *Brain Research Bulletin*, Available online 25 July 2005.
4. Braeutigam S. Neuroeconomics: From neural systems to economic behaviour. *Brain Research Bulletin*, In Press, Uncorrected Proof, Available online 7 July 2005.
5. Lee D. Neuroeconomics: making risky choices in the brain. *Nature Neuroscience* 2005;8:1129-30.
6. Harle S, Vickers JN. Training quiet eye (QE) improves accuracy in the basketball free throw. *The Sport Psychologist* 2001;15: 289-305.
7. Rodrigues ST, Vickers J N, Williams AM. Head, eye and arm co-ordination in table tennis: An exploratory study. *Journal of Sport Sciences* 2002; 20 (3): 171-186.
8. Williams AM, Vickers JN, Rodrigues ST. The effects of anxiety on visual search, movement kinematics, and performance in table tennis: A test of Eysenck and Calvo’s processing efficiency theory. *Journal of Sport and Exercise Science* 2002;24(4):438-56.
9. Vickers JN. The quiet eye: it’s the difference between a good putter and a poor one, here’s proof. *Golf Digest* 2004; January, 96-ff.
10. Loze GM, Collins D, Holmes PS. Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: A comparison of best and worst shots. *Journal of Sports Sciences* 2001;19 (9):727-33.
11. Lepsien J, Griffin IC, Devlin JT, Nobre AC. Directing spatial attention in mental representations: Interactions between attentional orienting and working-memory load. *NeuroImage* 2005;26 (3):733-43.
12. Manning JT, Taylor RP. Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior* 2001;22(1):61-9.
13. Garn SM, Burdi AR, Babler WJ. Early prenatal attainment of adult metacarpal–phalangeal rankings and proportions, *American Journal of Physical Anthropology* 1975;43:327-32.
14. Kempel P, Gohlke B, Klempau J, Zinsberger P, Reuter M, Hennig J. Second-to-fourth digit length, testosterone and spatial ability. *Intelligence* 2005;33(3):215-30.
15. Csatho A, Osvath A, Karadi K, Bicsak E, Manning J, Kallai J. Spatial navigation related to the ratio of second to fourth digit length in women. *Learning and Individual Differences* 2003;13:239-349.
16. Sloutsky VM, Fisher AV. When development and learning decrease memory. Evidence against category-based induction in children. *Psychological Science* 2004;15 (8): 553-558.
17. Draganski B, Gaser C, Busch V, Schuierer G, Bogdahn U, May A. Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training. *Nature* 2004;427:311-2.
18. Calvo-Merino B, Glaser DE, Grèzes J, Passingham RE, Haggard P. Action Observation and Acquired Motor Skills: An fMRI Study with Expert Dancers. *Cerebral Cortex*, In Press – Online 2005.
19. Mikheev M, Mohr C, Afanasiev S, Landis T, Thut G. Motor control and cerebral hemispheric specialization in highly qualified judo wrestlers. *Neuropsychologia* 2002;(408):1209-19.
20. Green CS, Bavelier D. Action video game modifies visual selective attention. *Nature* 2003;423: 534-7.
21. Peng C-K, Mietus JE, Yanhui L, Gurucharan K, Pamela SD, Benson H, Goldberger AL. Exaggerated heart rate oscillations during two meditation techniques. *International Journal of Cardiology* 1999;70:101-7.
22. Collet C, Roure R, Rada H, Dittmar A., Vernet-Maury E. Relationship between performance and skin resistance evolution involving various motor skills. *Physiology & Behavior* 1996; 59(4/5):953-63.
23. Roure R, Collet C, Deschaumes-Molinario C, Delhomme G, Dittmar A, Vernet-Maury E. Imagery quality estimated by autonomic response is correlated to sporting performance enhancement. *Physiology & Behavior* 1999;66(1):63-72.
24. Tilstone C. Neurofeedback provides a better theta-rical performance. *The Lancet Neurology* 2003;2(11):655.
25. Singer BSK. The effect of neurofeedback on performance anxiety in dancers. *Journal of Dance Medicine & Science* 2004;8(3):78-81.
26. Pineda JÁ, Silverman DS, Vankov A, Hestenes J. Learning to control brain rhythms: making a brain-computer interface possible. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 2003;11(2):181-4.

27. Brigman S, Cherry KE. Age and skilled performance: Contributions of working memory and processing speed. *Brain and Cognition* 2002;50:242-56.
28. Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, Banich MT, McAuley E, Harrison CR, Chason J, Vakil E, Bardell L, Boileau RA, Colcombe A. Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature* 1999; 29(400):418-9.
29. Sutoo D, Akiyama K. Regulation of brain function by exercise. *Neurobiology of Disease* 2003;13(1):1-14.
30. Colcombe SJ, Kramer AF. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci* 2002;14:125-30.
31. Colcombe SJ, Erickson KI, Raz N, Webb AG, Cohen NJ, McAuley E, Kramer AF. Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *J Gerontol Bio Sci Med Sci* 2003;53:176-80.
32. Colcombe SJ, Kramer AF, Erickson KI, Scalf P, McAuley E, Cohen NJ, Webb AJ, Jerome GJ, Marquez DX, Elavsky E. Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2004;101:3316-21.
33. Dey S. Physical exercise as a novel antidepressant agent: possible role of serotonin receptor subtypes. *Physiol Behav* 1994; 55 (2): 323-329.
34. Dey S, Singh RH, Dey PK. Exercise training: significance of regional alterations in serotonin metabolism of rat brain in relation to antidepressant effect of exercise. *Physiol Behav* 1992;52(6):1095-9.
35. Simonen RL, Rankinen T, Pérusse L, Leon AS, Skinner JS, Wilmore JH, Rao DC, Bouchard C. A dopamine D2 receptor gene polymorphism and physical activity in two family studies. *Physiology & Behavior* 2003;78(4-5):751-7.
36. Beatty JA, Kramer JM, Plowey ED, Waldrop TG. Physical exercise decreases neuronal activity in the posterior hypothalamic area of spontaneously hypertensive rats *J Appl Physiol* 2005;98: 572-8.
37. Schulz KH, Gold, Witte J, Bartsch K, Lang UE, Hellweg R, Reer R, Braumann KM, Heesen C. Impact of aerobic training on immune-endocrine parameters, neurotrophic factors, quality of life and coordinative function in multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 2004;225(1-2):11-8.
38. Kempermann G, van Praag H, Gage FH. Activity-dependent regulation of neuronal plasticity and self repair. *Prog Brain Res* 2000;127:35-48.
39. Kubota Y, Sato W, Toichi M, Murai T, Okada T, Hayashi A, Sengoku A. Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure. *Cognitive Brain Research* 2001;11(2):281-7.
40. Dietrich A, Sparling PB. Endurance exercise selectively impairs prefrontal-dependent cognition. *Brain and Cognition* 2004;55:516-24.
41. Newberg AB, Iversen J. The neural basis of the complex mental task of meditation: neurotransmitter and neurochemical considerations. *Medical Hypotheses* 2003;61(2):282-91.
42. Lutz A, Greischar LL, Rawlings NB, Ricard M, Davidson RJ. Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2004;101(46):16369-73.
43. Keil D, Holmes P, Bennett S, Davids K, Smith N. Theory and practice in sport psychology and motor behaviour needs to be constrained by integrative modeling of brain and behaviour. *Journal of Sports and Sciences* 2000;18:433-43.
44. Horton JE, Crawford HJ, Harrington G, Downs JH. Increased anterior corpus callosum size associated positively with hypnotizability and the ability to control pain. 2004;127(8):1741-7.