

Frederico Sander Mansur Machado

AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO INDUZIDO E DA
ATIVIDADE FÍSICA ESPONTÂNEA: efeito dual do
fotoperíodo

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da
UFMG

2013

Frederico Sander Mansur Machado

AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO INDUZIDO E DA
ATIVIDADE FÍSICA ESPONTÂNEA: efeito dual do
fotoperíodo

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Cândido Celso Coimbra

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da
UFMG

2013

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Endocrinologia e Metabolismo, do Instituto de Ciências Biológicas (ICB), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Contou com os auxílios financeiros concedidos pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

À Flávia, sem menos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Lucas e Eliane, sempre ao meu lado, me incentivando e empurrando para frente, cada um do seu jeito.

À Flávia, minha companheira, minha amiga, meu amor. Sempre comigo, mesmo nos meus piores momentos.

Aos meus avós Elias e Hyedda, com as portas de casa (e da geladeira) sempre abertas e cheias de histórias para o neto relapso. Também aos avós José e Clícia, pela presença singela ao longo desse processo.

Ao Dani, do outro lado do mundo, ao Pedro e ao Toco, aqui perto, meus irmãos, antes de qualquer coisa.

Ao Prof. Cândido, meu orientador, que me recebeu e persiste comigo. Obrigado pela confiança e pelos ensinamentos diários, nem sempre científicos, mas muito bem-vindos!

À Prof^a. Adelina Martha dos Reis e ao Prof. Dr. Raphael Szawka, pela acolhida no laboratório e presença constante no dia-a-dia, com sugestões e observações fundamentais.

À Prof^a Dr^a. Maristela Poletini, pelas dicas e sugestões ao longo do mestrado, e por ter aceito ser minha co-orientadora no doutorado.

À doutoranda e amiga, Daniela Fóscolo, que me “salvou” com a imunohistoquímica e com sua presença de espírito sem igual para lidar com qualquer tipo de situação.

Aos colegas de laboratório, agora professores, a Prof^a. Dr^a. Laura Leite e o Prof. Dr. Samuel Wanner, exemplos de que o trabalho, quando realizado com competência e simplicidade, geram bons frutos, mesmo que o amadurecimento não seja tão rápido.

Também aos colegas de laboratório, recém-doutores: Daniel Lima, um exemplo de bom humor, mesmo naqueles dias em que nada dá certo; Juliana

Bohnen, exemplo de dedicação incondicional à pesquisa; Luciana Firmes, sempre calma e pronta para ajudar.

Aos atuais colegas de laboratório: Paulo, sempre pronto para mostrar que as coisas podiam ser piores; Fernanda, sempre pronta para colocar as coisas em ordem, doa-a-quem-doer; Roberta e Nayara, rebeldes sem causa e sempre presentes; Henrique, Carina, Mauro Sérgio, Cristina, Paula, Quézia, Fernanda, Talita, Izadora e Larissa. A presença de todos vocês foi fundamental para conseguir realizar os experimentos sem “perder a cabeça”!

Aos técnicos que passaram pelo laboratório: Janine Costa Ivo, Patrícia Mitre e Iuri Fortes, sempre prontos para ajudar, mesmo depois de deixarem o laboratório.

Aos colegas de outros laboratórios (do ICB e da EEEFTO): Washington, Milene, Ivana, Augusto, Cristiano, Gisele, Érica, Letícia, Patrícia, Ana, Carolina, William, pelo convívio.

Aos professores Dr. Nilo Resende Viana Lima e Dr^a. Danusa Dias Soares, exemplos de ética e perseverança na EEEFTO.

À Karen, da secretaria de pós-graduação, pelo apoio e desejo em ajudar aqueles alunos mais perdidos.

Aos professores do Programa de pós-graduação em Ciências do Esporte e da Graduação em Educação Física, pelos ensinamentos ao longo desse caminho.

Ao ICB, seus funcionários, gatos, corujas e sombras, pelas noites em claro durante os experimentos.

Finalmente, agradeço ao povo brasileiro, financiador de toda a minha formação universitária.

“Só me interessa o que não é meu. Lei do homem. Lei do antropófago”.

*“Perguntei a um homem o que era o Direito. Ele me respondeu que era a
garantia do exercício da possibilidade. (...) Comi-o”.*

(Oswald de Andrade)

RESUMO

O desempenho físico é diretamente influenciado pelo balanço térmico. Tendo em vista a influência dos ritmos circadianos no controle da homeostase, inclusive térmica, o impacto do relógio biológico na performance tem despertado o interesse de vários grupos de pesquisa. No presente estudo, buscou-se investigar as relações entre as oscilações diárias de temperatura corporal interna (T_{interna}) e da atividade locomotora espontânea (ALE) com o trabalho (W) realizado durante um teste progressivo em esteira. As respostas termorregulatórias e neurais induzidas pelo exercício de intensidade progressiva até a fadiga também foram avaliadas. Para a avaliação do fotoperíodo, ratos adultos *Wistar* ($n=23$) tiveram os níveis de T_{interna} e ALE continuamente registrados por telemetria durante 48 horas (ciclo claro/escuro: 14/10 h). Posteriormente, um grupo de animais foi submetido ao protocolo de exercício progressivo até a fadiga durante as fases clara e escura ($n=11$). Outro grupo foi utilizado como controle na esteira ($n=12$). Em ambos os grupos foram registradas T_{interna} , temperatura da pele da cauda e temperatura ambiente durante cada sessão experimental. Um terceiro grupo (*naif*), sem qualquer manipulação prévia, foi utilizado como controle intacto ($n=12$). Ao término das sessões experimentais, os animais foram perfundidos para retirada dos cérebros e realização de análise imunohistoquímica da ativação neuronal no núcleo paraventricular (PVN), supra-óptico (SO) e supraquiasmático (SQN) do hipotálamo, bem como do *locus coeruleus* (LC). Os resultados mostraram uma correlação direta entre a ALE e a variação da T_{interna} ($r=0,88$ e $p<0,001$), bem como uma variação fotoperiódica da razão entre essas variáveis ($p<0,001$). O W foi 23% maior na fase clara ($p<0,001$). A diferença de desempenho foi acompanhada por uma maior T_{interna} inicial ($p<0,01$) e uma menor capacidade de acumular calor durante o exercício na fase escura ($p<0,01$). Não houve efeito da fase do dia na ativação neuronal, entretanto, na fadiga, PVN, SO e LC foram ativados ($p<0,001$). O SQN não foi ativado pelo exercício ou fase do dia. Também foi verificada uma capacidade intrínseca, independente da fase do dia, tanto durante o exercício induzido ($r=0,91$ e $p<0,0001$), quanto da ALE ($r=0,59$ e $p<0,001$). Entretanto, essa associação não ocorreu entre as duas manifestações de atividade

locomotora. Em conjunto, os resultados sugerem a existência de um mecanismo dual de controle e regulação atuando em face do tipo da atividade locomotora. Por fim, a fase do ciclo, possivelmente através de mecanismos centralmente mediados das oscilações da atividade física e T_{interna} , favorece o desempenho físico durante a fase clara independentemente do menor nível de atividade espontânea.

Palavras-chave: exercício induzido, fadiga, termorregulação, circadiano, fotoperíodo, atividade locomotora espontânea, atividade neural

ABSTRACT

Physical performance is directly influenced by thermal balance. Given the influence of circadian rhythms in *homeostasis* control, the impact of the biological clock in performance has attracted the interest of several research groups. In the present study, we sought to investigate the relationship between daily fluctuations of internal body temperature (T_{core}) and spontaneous locomotor activity (SLA) with the workload (W) performed during a progressive treadmill exercise test. The thermoregulatory and neural responses induced by graded exercise until fatigue were also evaluated. In order to perform photoperiod-related analysis, adult Wistar rats ($n = 23$) had their levels of T_{core} and SLA continuously recorded by telemetry during 48 hours (light / dark cycle: 14/10 h). Later, a group of animals was subjected to a protocol of progressive exercise until fatigue during light and dark phases ($n = 11$). Another group resting on the treadmill was used as control ($n = 12$). In both groups, T_{core} , tail skin temperature and ambient temperature during each experimental session were recorded. A third group (*naif*), without any prior manipulation, was used as an intact control ($n = 12$). At the end of the last experimental session, the animals were perfused and the brains removed for immunohistochemical analysis of neuronal activation in the PVN, SO, SQN and LC. The results showed a direct correlation between SLA and the change of T_{core} ($r = 0.88$ and $p < 0.001$) as well as a daily oscillation of the ratio between these variables ($p < 0.001$). The W was 23% higher in the light phase ($p < 0.001$). Besides, the difference in performance was accompanied by a lower initial T_{core} ($p < 0.01$) and an increased ability to accumulate heat during light phase exercise ($p < 0.01$). Only fatigue activated PVN, SO and LC, independent of time of the day ($p < 0.001$). The SQN was not activated neither by exercise nor time of the day. It was also observed an intrinsic component, regardless of the phase of the day of both induced-exercise ($r = 0.91$ and $p < 0.0001$) and SLA ($r = 0.59$ and $p < 0.001$). However, this association did not occur between the two manifestations of locomotor activity. Taken together, these results suggest the existence of a dual mechanism of control and regulation dependent of the type of locomotor activity. Thereafter, the phase of the cycle, possibly through its centrally mediated mechanisms on internal

body temperature and physical activity fluctuations, favors physical performance during light phase independent of lower basal spontaneous activity levels.

Key words: induced exercise, fatigue, termoregulation, circadian, photoperiod, spontaneous locomotor activity, neural activity