

VARIAÇÃO DIURNA ENTRE MATUTINOS E VESPERTINOS NOS TEMPOS DE REAÇÃO SIMPLES E DE MOVIMENTO

DIURNAL VARIATION BETWEEN MORNING AND EVENING TYPES IN SIMPLE REACTION AND MOVEMENT TIMES

Cassio de Miranda Meira Jr.¹, Ana Amélia Benedito-Silva¹ e Mariana Muriel Vitorio Falconi¹

¹Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

RESUMO

O ritmo circadiano do desempenho motor é sincronizado ao ritmo da temperatura corporal, com picos ao final da tarde, e ao ciclo vigília-sono, com diferenças individuais quanto às preferências pelos horários de dormir e acordar. O objetivo deste trabalho foi verificar se diferenças entre as preferências de horários de dormir e acordar (matutividade-vespertividade) têm impacto nos tempos de reação (TR) e de movimento (TM) medidos no início da manhã e ao final da tarde. Quarenta universitários, 20 matutinos e 20 vespertinos, realizaram pela manhã e à tarde uma tarefa de pressionamento de teclas do computador com medidas de tempo de reação simples e tempo de movimento. Os resultados mostraram que tanto os matutinos quanto os vespertinos apresentaram valores de tempo de reação simples menores à tarde em comparação aos valores da manhã e que os matutinos obtiveram tempos de movimento menores aqueles obtidos pelos vespertinos, tanto de manhã quanto à tarde. Conclui-se que o caráter de matutividade-vespertividade influenciou o tempo de movimento, mas não o tempo de reação simples.

Palavras-chave: Ritmo circadiano. Cronotipo. Tempo de reação. Tempo de movimento.

ABSTRACT

The circadian rhythm of motor performance is synchronized to the body temperature rhythm, with highest values occurring in the afternoon, and to the sleep-wake cycle, with individual preferences of sleep-onset and wake-up times. The aim of this study was to determine whether differences between the preferences of hours of sleep and wake (morningness-eveningness) have an impact on reaction times (RT) and motion (TM) measured in the early morning and late afternoon. Forty students, 20 morning-types and 20 evening-types, performed by the morning and by the afternoon a key-pressing task with measures of simple reaction time and movement time. According to the results, both morning-types and evening-types showed lower simple reaction times in the afternoon as compared to values in the morning and morning-types obtained lower movement times than evening-types, both in the morning and in the afternoon. Thus, it can be concluded that morningness-eveningness influenced the movement time, but not the simple reaction time.

Keywords: Circadian rhythm. Chronotype. Reaction time. Movement time.

Introdução

A expressão circadiana do desempenho físico relaciona-se com o ritmo da temperatura corporal e com o ciclo vigília-sono. A temperatura corporal apresenta um ritmo de 24 horas, com valores mínimos ocorrendo durante o sono, em torno das quatro horas da madrugada, e valores máximos durante a vigília, em torno das 17:00¹. O ciclo vigília-sono, por sua vez, também apresenta um ritmo de 24 horas, com diferenças individuais importantes quanto às preferências pelos horários de vigília e de sono.

Essas diferenças (cronotipos) são distribuídas, em uma determinada população, em matutinos (que se dividem em matutinos moderados e matutinos extremos), vespertinos (que se dividem em vespertinos moderados e vespertinos extremos) e indiferentes. Matutinos são aqueles que acordam cedo, espontaneamente, já aptos para desempenhar qualquer atividade, preferindo dormir mais cedo. Vespertinos preferem dormir tarde e acordar tarde^{2,3}.

Os ritmos endógenos dos matutinos estão em geral adiantados e os dos vespertinos atrasados em relação aos da população em geral. Os indiferentes em relação à

matutinitude/vespertinidade possuem maior flexibilidade de horários para dormir e acordar, escolhendo-os de acordo com as necessidades pessoais de rotina. Em relação à população, em torno de 10% são matutinos e também em torno de 10% são vespertinos^{3,4}.

Os estudos que mensuraram desempenhos motores esportivos demonstraram que a maioria das medidas variou com a hora do dia, apresentando padrão de flutuação semelhante ao da temperatura corporal⁵. A maioria dos estudos sobre a influência dos ritmos circadianos no desempenho físico analisou variáveis relacionadas às capacidades motoras condicionais relacionadas predominantemente ao metabolismo energético⁶. Por exemplo, a flexibilidade varia 20% ao longo do dia, diminuindo com a queda de temperatura corporal. Atrelada a esse dado está a diminuição de estatura durante o dia, pois ocorre extrusão de água através das paredes dos discos intervertebrais de modo que técnicas de alongamento não são eficazes para impedir a queda de estatura durante a jornada diária. Ainda, a força muscular atinge seus picos no início da noite, independentemente do grupamento muscular ou velocidade da contração. No que tange à potência anaeróbia, sessões de exercício de alta intensidade que foram realizadas à noite, em comparação ao período da manhã, produziram trabalhos mais longos e picos maiores de produção de lactato. Parece também que exercícios de potência realizados à tarde são mais efetivos do que no período matutino, sugerindo que a maior tolerância a altas intensidades é influenciada pelo aumento da temperatura corporal que ocorre em horários mais avançados do dia⁷⁻¹⁰.

Esses padrões identificados nas capacidades motoras condicionais parecem ser os mesmos quando o foco é a realização de exercícios de maneira geral. O horário do dia mais adequado para realizar exercício físico é o final da tarde e início da noite, quando as pessoas percebem que a taxa de trabalho é maior sem a percepção de maior esforço, sobretudo em exercícios considerados árduos¹¹. Outros estudos importantes para o tema defendem que a aprendizagem de movimentos é mais efetiva pela manhã¹² e que tarefas cognitivas também são mais bem desenvolvidas no início da manhã¹³. Ainda, a relação entre velocidade e acurácia no saque do tênis foi objeto de investigação de Atkinson e Speirs¹⁴, os quais concluíram que, dos dois saques a que o tenista tem direito, a velocidade do primeiro tende a ser maior no início da noite, não havendo distinção do período do dia em relação à acurácia. No que diz respeito a tarefas que envolvem agilidade e coordenação, dribles e chutes a gol foram mais eficientes entre 16:00 e 20:00¹⁵.

Assim, os estudos de cronobiologia de ritmos circadianos associados ao desempenho abordam preferencialmente a hora mais indicada para executar habilidades motoras específicas (saque no tênis) e orientadas à qualidade de vida (exercícios físicos gerais), bem como para treinar capacidades condicionais (flexibilidade, força e potência).

Quanto às questões relativas aos cronotipos, Atkinson e Reilly¹¹ observaram que o consumo máximo de oxigênio nos tipos vespertinos foi melhor à noite não tendo sido observado o efeito da hora do dia nos matutinos. Além do mais, não houve diferenças entre matutinos e vespertinos do ritmo circadiano da frequência cardíaca submáxima, da taxa de esforço percebido e do consumo de oxigênio.

Entretanto, não se identifica na literatura, preocupação de investigar possíveis diferenças entre cronotipos na realização de tarefas com predominância de capacidades coordenativas (*abilities*), as quais carregam maior participação de integração do sistema nervoso com o sistema ósteo-músculo-articular. Dentre as tarefas com predominância de capacidades coordenativas estão o tempo de reação simples (TRS) e o tempo de movimento (TM).

A tarefa de pressionamento de teclas no teclado do computador escolhida no presente trabalho envolve a retirada, após a apresentação de um estímulo visual e o mais rápido possível, do dedo indicador da mão dominante de uma tecla do lado esquerdo para pressionar

outra tecla-alvo do lado direito. A ação motora de retirar o dedo da primeira tecla (da apresentação do estímulo até a retirada do dedo) caracteriza o tempo de reação simples (TRS), uma capacidade coordenativa relativa a situações de reação rápida com um único estímulo modulando uma única resposta. A ação motora de retirada do dedo até o pressionamento da tecla-alvo caracteriza o tempo de movimento (TM). O TRS, definido como o intervalo de tempo decorrente desde a apresentação do estímulo até o início de uma resposta motora, vem sendo estudado há décadas por pesquisadores como uma medida de planejamento motor¹⁶. É um indicador da rapidez de processamento da informação, pois representa o nível de coordenação neuromuscular no qual os estímulos visuais, auditivos ou táteis são decodificados pelo corpo através de diferentes processos físico-químicos e mecânicos^{17,18}. Em muitas habilidades motoras, o sucesso depende da rapidez com a qual o executante consegue detectar algumas características do ambiente ou dos movimentos do oponente, decidir o que fazer e então iniciar um contra movimento eficiente. Nessas situações, o TRS desempenha função essencial tanto em contextos esportivos (boxe, natação, automobilismo, atletismo, futebol e voleibol) como em contextos não esportivos (espantar um mosquito, frear um carro, apanhar no ar uma caneta que cai inesperadamente). O TM, definido como o intervalo de tempo entre o início do movimento e a sua finalização, viabiliza quais tipos de correção online podem ser efetuadas com base no *feedback* intrínseco e qual é a contribuição relativa dessas correções para os comandos originais de movimento¹⁶. Movimentos com mais de 300 ms (por exemplo, tarefas de pressionamento de teclas como a da presente pesquisa) podem ser considerados de controle voluntário consciente, nos quais, além dos circuitos internos, operam circuitos externos de *feedback*. Logo, esse tipo de tarefa é influenciado cumulativamente do ponto de vista temporal por processamentos seriados de *feedback* que podem gerar lentidão de processamento de informação¹⁸. Como esse problema de velocidade de processamento de informação reflete-se tanto no TRS quanto no TM, a característica individual de matutividade pode fazer com que esses tempos sejam mais curtos ou mais longos.

Em função desse cenário, o objetivo deste trabalho foi verificar se diferenças entre as preferências de horários de dormir e acordar (matutividade-vespertividade) têm impacto nos tempos de reação simples (TRS) e de movimento (TM) medidos no início da manhã e ao final da tarde. Com base na literatura sobre os temas de interesse do presente estudo, foi possível formular a seguinte hipótese de que matutinos apresentariam valores menores de TRS e de TM no período da manhã e maiores no período da tarde, enquanto vespertinos apresentariam valores menores de TRS e de TM à tarde e maiores de manhã.

Métodos

Participantes e instrumento

Participaram da pesquisa quarenta adultos jovens (22 homens e 18 mulheres), com idades entre 20 e 30 anos ($23,1 \pm 4,6$ anos) alunos da Universidade de São Paulo do curso de Educação Física da Escola de Educação Física e Esporte e do curso de Educação Física e Saúde da Escola de Artes, Ciências e Humanidades. A inclusão na amostra teve por base os escores do questionário de matutividade e vespertividade.

A amostra foi dividida em dois grupos, matutinos e vespertinos, cada um com 20 sujeitos. O grupo matutino foi composto por sujeitos classificados como matutinos extremos ou matutinos moderados e o grupo vespertino contou com a participação de vespertinos extremos ou vespertinos moderados.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo de modo que, para participar da pesquisa, todos os sujeitos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O

critério de exclusão foi a existência de algum fator impeditivo no corpo para a execução da tarefa. Depois da coleta de dados, cada sujeito recebeu informações impressas a respeito dos significados de tempo de reação, ritmos circadianos e cronotipos.

Os cronotipos foram definidos por meio do questionário de matutividade e vespertividade de Horne e Ostberg¹⁹, traduzido para a população brasileira³. O questionário é composto por 19 questões de múltipla escolha que se referem a diferentes situações cotidianas em que os respondentes declaram sua preferência de horário na realização das atividades propostas. Cada questão recebe uma pontuação e a totalização dos pontos resulta num escore final que varia de 16 a 86. As classificações de cronotipos possíveis de acordo com a pontuação são: matutino, moderadamente matutino, indiferente, moderadamente vespertino e vespertino. Esse questionário foi validado por meio de medidas de temperatura oral – sujeitos classificados como matutinos apresentaram a curva de temperatura oral adiantada em relação àquelas dos sujeitos classificados como vespertinos¹⁹. Foi utilizada nesta pesquisa a versão eletrônica do questionário disponível em www.crono.icb.usp.br/cronotipo.

Tarefa, equipamento e procedimentos

A tarefa motora foi a de retirar o mais rápido possível (TRS) a mão dominante (preferência pela escrita) de uma tecla e pressionar outra tecla (TM), após a apresentação de um estímulo visual. As sessões de medição foram realizadas em dois horários do dia, entre 08:00 e 09:00 e entre 18:00 e 19:00. Todos os sujeitos foram testados nos dois horários, primeiro de manhã e depois à tarde.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ciências da Atividade Física da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. Foi utilizado um notebook Samsung RV420-AD4 com software especial para o experimento, desenvolvido em linguagem Clipper 3.5 para ambiente MS-DOS. As coletas foram realizadas em salas isoladas, com boa iluminação e sem ruídos externos (portas e janelas fechadas) de modo a facilitar a concentração e a atenção dos sujeitos na tarefa.

Apenas sujeito e avaliador permaneciam na sala durante o experimento. Após receberem as instruções, os sujeitos realizaram duas tentativas de familiarização. O notebook ficou devidamente apoiado sobre uma mesa e o sujeito sentado em uma cadeira de frente para a tela do computador. Os sujeitos que declararam ter preferência pela escrita com a mão direita tinham de colocar o dedo indicador direito na tecla “Shift” à esquerda do teclado e prestar atenção na sequência de retângulos coloridos na tela do computador (verde/“preparar”, amarelo/“apontar” e vermelho/ “já”) disparados num intervalo entre um e cinco segundos (a amplitude de tempo foi aleatorizada pelo próprio programa); quando do aparecimento do retângulo vermelho, retiravam o dedo da tecla (TRS) e pressionavam a outra tecla “Shift” à direita do teclado (TM). Os que declararam ter preferência pela escrita com a mão esquerda executavam a tarefa no sentido inverso.

Cada sujeito executou cinco tentativas, mas apenas três foram consideradas para análise: foram descartadas as tentativas com valores extremos de TRS. As três tentativas intermediárias, portanto, foram transformadas em valores médios de TRS e TM. Em cada tentativa, o tempo, em milissegundos, foi registrado pelo aparelho, sendo visível ao sujeito. Foram consideradas inválidas as tentativas em que o sujeito não tenha prestado atenção ao sinal visual, bem como quando ocorreram problemas de acionamento das teclas (utilização de força exagerada ou erro no posicionamento da mão). Quando isso ocorreu, uma nova tentativa foi realizada.

Análise estatística dos dados

Considerando que o teste de Shapiro-Wilk não rejeitou a hipótese de distribuição normal dos dados correspondentes às variáveis TR e TM, foi possível empregar a 2way-ANOVA (2x2) para os 2 grupos (matutinos e vespertinos) e os 2 horários (manhã e tarde), com medidas repetidas na variável horário. Para comparações múltiplas o teste post hoc de Neuman-Keuls foi empregado. O nível de significância foi estabelecido em 5%. Os dados foram analisados com o pacote *Statistica 12*.

Resultados

As variáveis Tempo de Reação Simples (TRS) e Tempo de Movimento (TM) foram avaliadas em dois horários (manhã e tarde) em dois grupos (20 matutinos e 20 vespertinos).

Na variável TRS, foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre manhã e tarde, tanto para matutinos quanto para vespertinos (Figura 1), com ambos os grupos apresentando menores valores de TRS à tarde. Os resultados da ANOVA foram os seguintes: fator grupo: $F(1,38) = 3,782$, $p = 0,059$; fator horário: $F(1,38) = 27,214$, $p < 0,0001$; interação: $F(1,38) = 2,403$, $p = 0,129$.

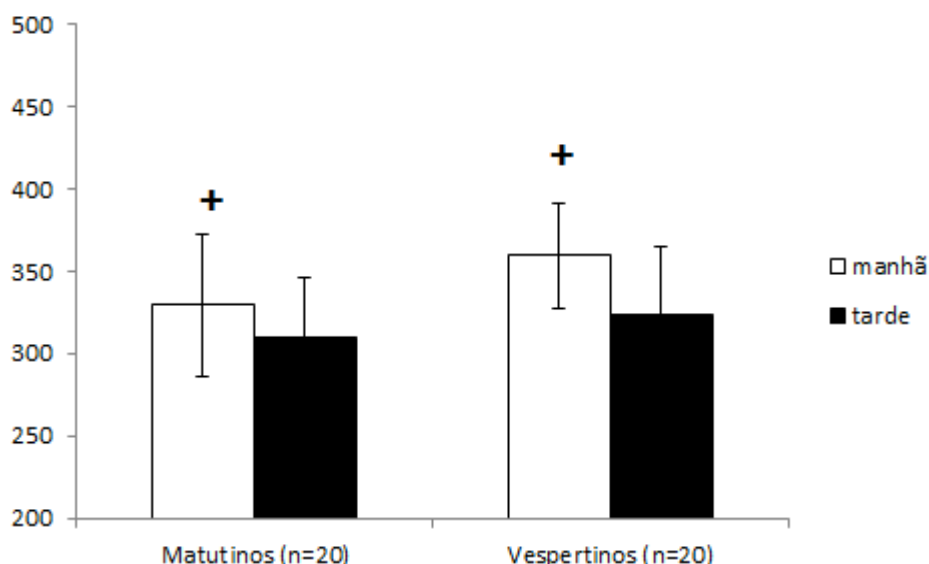


Figura 1. Tempo de Reação simples (ms) de matutinos (n=20) e vespertinos (n=20), nos horários da manhã e da tarde. Dados expressos em média $\pm$ desvio-padrão.

⁺ Diferença entre manhã e tarde em ambos os grupos, $p < 0,05$.

Fonte: Os Autores.

Quanto à variável TM, foram detectadas diferenças entre matutinos e vespertinos, independentemente do horário de aplicação do teste (Figura 2). Os matutinos apresentaram valores de TM menores em comparação aos vespertinos em ambos os horários. Os resultados da ANOVA foram os seguintes: fator grupo: $F(1,38) = 4,627$, $p = 0,038$; fator horário: $F(1,38) = 0,143$, $p = 0,708$; interação: $F(1,38) = 0,229$, $p = 0,635$.

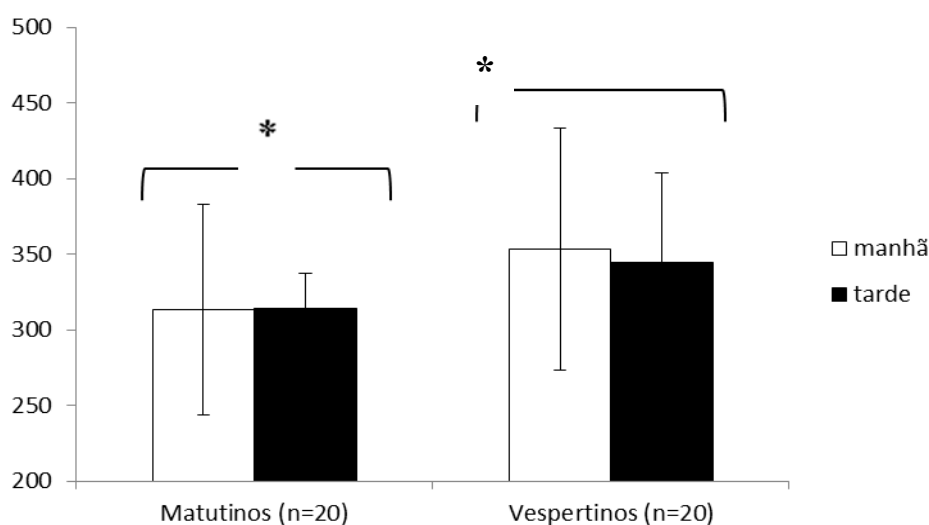


Figura 2. Tempo de Movimento (ms) de matutinos (n=20) e vespertinos (n=20), nos horários da manhã e da tarde. Dados expressos em média $\pm$ desvio-padrão.

* Diferença entre matutinos e vespertinos, independentemente do horário, $p < 0,05$.

Fonte: Os Autores.

Discussão

O objetivo deste trabalho foi verificar se diferenças entre as preferências de horários de dormir e acordar (matutividade-vespertividade) têm impacto nos tempos de reação simples (TRS) e de movimento (TM) medidos no início da manhã e ao final da tarde.

Os resultados mostraram que os valores de TRS foram menores à tarde tanto em matutinos quanto em vespertinos e que os valores de TM foram menores nos matutinos tanto pela manhã quanto à tarde.

Em relação ao TRS, os achados enfatizam os processos fisiológicos e evidenciam uma tendência da variável TR não ser influenciada pelo cronotipo individual de matutividade ou vespertividade, mas sim pelo período do dia em que a temperatura corporal atinge o seu pico²⁰. A capacidade de reagir rapidamente a estímulos é potencializada à tarde porque nesse período ocorre o pico da temperatura corporal, e, em consequência disso, aumenta também a velocidade de condução nervosa e a taxa de reação metabólica de enzimas, ambas variáveis que afetam diretamente o desempenho físico e motor. De fato, mensurações de desempenhos motores importantes para diversas expressões relacionadas ao movimento demonstram que a maioria das medidas está em concordância próxima com a variação da temperatura corporal. Para exemplificar, pode-se observar que os records mundiais nas modalidades esportivas são usualmente quebrados por atletas competindo no fim da tarde ou início da noite, exatamente no horário em que a temperatura corporal é maior^{5,12}. Vale ressaltar que a temperatura corporal não foi mensurada no presente estudo, fato que deve ser considerado em estudos futuros.

Quanto ao TM, houve influência do cronotipo, em que pese o fato de os sujeitos da amostra deste estudo terem sido classificados como matutinos moderados ou vespertinos moderados.

O resultado de melhor TM à tarde fornece suporte à influência da temperatura corporal e o de melhor TM de manhã fornece suporte à influência do cronotipo. Entende-se que o desempenho dos matutinos pode ter sido favorecido pelo avanço de fase nos ritmos biológicos em relação aos vespertinos. Os picos circadianos de secreção de hormônios (por exemplo, adrenalina, melatonina, cortisol) nos matutinos estão adiantados em comparação aos

vespertinos. Em média, o pico de temperatura corporal ocorre às 19:32 nos matutinos e às 20:40 nos vespertinos^{13,19,21-23}.

A tarefa do presente estudo (pressionamento de teclas) pressupõe controle cumulativo de circuitos internos e externos de feedback, causando um problema de velocidade de processamento, ou seja, lentidão de resposta. Nesse particular, parece que os matutinos possuem uma predisposição para responder mais rapidamente que os vespertinos na etapa de processamento de informação do TM. O fato de a tarefa do presente estudo ser de TRS (e não de escolha ou discriminação) provavelmente exigiu dos participantes, independentemente da característica individual ser matutino ou vespertino, uma demanda perceptiva equivalente. Parece que o fator de diferença principal entre matutinos e vespertinos foi a realização do movimento de retirada do dedo da primeira tecla até a chegada à segunda tecla (TM). Essa fase efetora de processamento implica em uma demanda ambiental mais complexa, pois mais fontes de informação devem ser consideradas, por exemplo, não só a demanda temporal de executar rápido, mas também a demanda espacial de tocar corretamente a tecla de finalização do movimento. Os matutinos parecem ter processado mais rapidamente o conjunto de circuitos que contribuem para o controle de um movimento na fase efetora na qual agem circuitos sensíveis à força e ao comprimento muscular para posicionar a parte do corpo responsável pela realização do movimento^{16, 18}.

Referências

1. Menna-Barreto L. O tempo na Biologia. In: Marques N, Menna-Barreto L, editores. Cronobiologia: princípios e aplicações. São Paulo: EDUSP; 2003, p. 17-21.
2. Benedito-Silva AA. Cronobiologia do Ciclo Vigília-Sono. In: Tufik S, editor. Medicina e Biologia do Sono. Barueri: Manole; 2008, p. 24–33.
3. Benedito-Silva AA, Menna-Barreto L, Alam M, Rotenberg L, Moreira LF, Menezes A, et al. Latitude and social habits as determinants of the distribution of morning and evening types in Brazil. *Biol Rhythm Res* 1998;29(5):591-597.
4. Silvério J. Factores psicológicos e cronobiológicos do rendimento desportivo. [tese de doutorado]. Braga: Universidade do Minho; 2003.
5. Reilly T. The body clock and athletic performance. *Biol Rhythm Res* 2009;40(1):37-44.
6. Minati A, Santana MG, Mello MT. A influência dos ritmos circadianos no desempenho físico. *R Bras Ci e Mov* 2006;14(1):75-86.
7. Gilford LS. Circadian variation in human flexibility and grip strength. *Aust J Physiother* 1987;33(1):3-9.
8. Hill DW, Borden DO, Darnaby KM, Hendricks DN, Hill CM. Effect of time of day on aerobic and anaerobic responses to high intensity exercise. *Can J Sports Sci* 1992;17(4):316-319.
9. Leatt P, Reilly T, Troup JG. Spinal loading during circuit weight-training and running. *Br J Sport Med* 1986;20(3):119-124.
10. Tyrrell AR, Reilly T, Troup JD. Circadian variation in stature and the effects of spinal loading. *Spine* 1985;10(2):161-164.
11. Atkinson G, Reilly T. Circadian variation in sports performance. *Sports Med* 1996;21(4):292-312.

12. Reilly T, Atkinson G, Waterhouse J. Chronobiology and physical performance. In: Garret WE, Kirkendall DT, editores. Exercise and sport science. Philadelphia: Williams & Wilkins; 2000, p. 351-372.
13. Winget CM, Deroshia CW, Holley DC. Circadian rhythms and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17(5):498-516.
14. Atkinson G, Speirs L. Diurnal variation in tennis service. *Percept Motor Skill* 1998;86(3):1335-1338.
15. Reilly T, Atkinson G, Edwards B, Waterhouse J, Farrelly K, Fairhurst E. Diurnal variation in temperature, mental and physical performance, and tasks specifically related to football (soccer). *Chronobiol Int* 2007;24(3):507-519.
16. Magill RA, Anderson D. Motor learning and control: concepts and applications. New York: McGraw Hill; 2015.
17. Guyton AC. Tratado de Fisiologia Médica. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2006.
18. Schmidt RA, Wrisberg CA. Aprendizagem e performance motora: uma abordagem da aprendizagem baseada na situação. Artmed: Porto Alegre; 2010.
19. Horne JA, Ostberg OA. Self-assessment questionnaire to determine morningness/eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol* 1976;4(2):97-110.
20. Mello MT, Minati A, Santana MG. A influência dos ritmos circadianos no desempenho físico. In: Tufik S, organizador. Medicina e Biologia do Sono. Barueri: Manole; 2008, p. 117-129.
21. Kudielka BM, Federenko IS, Hellhammer DH, Wüst S. Morningness and eveningness: The free cortisol rise after awakening in “early birds” and “night owls”. *Biol Psychol* 2006;72(2):141-146.
22. Lack L, Bailey M, Lovato N, Wright H. Chronotype differences in circadian rhythms of temperature, melatonin, and sleepiness as measured in a modified constant routine protocol. *Nat Sci Sleep* 2009;4(1):1-8.
23. Kerkhof GA, Van Dongen HPA. Morning-type and evening-type individuals differ in the phase position of their endogenous circadian oscillator. *Neurosci Lett* 1996;218(3):153-156.

Recebido em 17/10/14.

Revisado em 21/10/15.

Aceito em 21/03/16.

Endereço para correspondência: Ana Amélia Benedito Silva. Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade São Paulo. Av. Arlindo Bettio, 10002Ermelino Matarazzo, São Paulo-SP CEP: 03828-000. E-mail= aamelia@usp.br