



Original

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

Influência dos ritmos circadianos na temperatura corporal, no sistema cardiovascular, no desempenho psicomotor e neuromuscular

V.L. Moro^a, S.C. Matheus^b, L.D. Santos^b, J.F. Kleinpaul^a, M.S. Behenck^c e A.R.P. Moro^a

^aLaboratório de Biomecânica. Centro de Desportos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Santa Catarina. Brasil.

^bLaboratório de Cineantropometria. Centro de Educação Física e Desportos. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. Rio Grande do Sul. Brasil.

^cDepartamento de Clínica Médica. Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. Rio Grande do Sul. Brasil.

Historia del artículo:

Recibido el 10 de septiembre de 2011

Aceptado el 20 de diciembre de 2011

Palabras clave:

Periodicidad.

Ejercicio.

Aptitud física.

Keywords:

Periodicity.

Exercise.

Physical fitness.

Contacto:

V.L. Moro.

Laboratório de Cineantropometria. Centro de Educação Física e Desportos. Universidade Federal de Santa Maria.

Avenida Roraima, 1.000. Cidade Universitária. Prédio 51. Bairro Camobi. Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brasil. CEP 97.105-900.

E-mail: vandersonmoro@hotmail.com

RESUMEN

Influencia de los ritmos circadianos en la temperatura corporal, en el sistema cardiovascular, en el desempeño psicomotor y neuromuscular

Objetivo. El ritmo circadiano consiste en los cambios cíclicos que ocurren en el período de 24 h, pudiendo interferir en el desempeño humano. El objetivo del presente fue comparar los resultados de las variables fisiológicas, neuromusculares y del tiempo de reacción obtenidos en diferentes horarios del día.

Método. Los 30 voluntarios (15 hombres y 15 mujeres) realizaron un conjunto de pruebas por la mañana (10 h), tarde (16 h) y noche (20 h). Las variables analizadas fueron la temperatura corporal (temperatura oral), la frecuencia cardíaca, la presión arterial (sistólica y diastólica), el tiempo de reacción, la flexibilidad, la agilidad, la velocidad, la potencia muscular y la fuerza muscular.

Resultados. En la mayoría de las variables estudiadas no fue constatada la variación circadiana. Sin embargo, en el grupo masculino, la temperatura corporal fue estadísticamente mayor por la tarde ($36,3 \pm 0,4$ °C) y por la noche ($36,4 \pm 0,3$ °C) en comparación con la mañana ($35,9 \pm 0,5$ °C), y la agilidad fue estadísticamente menor (lo que refleja un mayor rendimiento) por la tarde ($10,9 \pm 0,8$ s) en comparación con la mañana ($11,4 \pm 0,8$ s). Mientras que en el grupo de mujeres, la presión arterial sistólica fue estadísticamente mayor por la mañana ($111,7 \pm 7$ mmHg) en comparación con la tarde ($107,7 \pm 7$ mmHg) y la impulsión vertical fue estadísticamente mayor por la tarde ($37,3 \pm 6,5$ cm) en comparación con la mañana ($35,3 \pm 7,1$ cm).

Conclusión. Los datos sugieren que la respuesta de la mayoría de las variables estudiadas no sufren la influencia de la hora del día (10, 16 e 20 h).

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Influence of circadian rhythms in body temperature, cardiovascular system, psychomotor and neuromuscular performance

Objective. The circadian rhythm consists on the cyclic changes that occur in the 24 h period, which might interfere in the human performance. The purpose of this study was to compare the results of the physiologic and neuromuscular variables and of the reaction time obtained in different times of the day.

Method. The 30 volunteers (15 men and 15 women) performed a battery of tests in the morning (10 h), in the afternoon (16 h) and at night (20 h). The analyzed variables were the body temperature (oral temperature), heart rate, blood pressure (systolic and diastolic), reaction time, flexibility, agility, velocity (30 m sprint), the muscle power (medicine ball throw, long and sargent jump) and muscle strength.

Results. In the majority of the studied variables there was no circadian variation. However, for the male group, body temperature was statistically higher in the afternoon ($36,3 \pm 0,4$ °C) and at night ($36,4 \pm 0,3$ °C) compared morning ($35,9 \pm 0,5$ °C) and agility was statistically lower (reflecting higher performance) in the afternoon ($10,9 \pm 0,8$ sec) compared morning ($11,4 \pm 0,8$ sec). While in the female group, systolic blood pressure was statistically higher in the morning ($111,7 \pm 7$ mmHg) compared afternoon ($107,7 \pm 7$ mmHg) and vertical jump was statistically higher in the afternoon ($37,3 \pm 6,5$ cm) compared morning ($35,3 \pm 7,1$ cm).

Conclusion. The data suggest that the response of the majority of the studied variables, do not suffer influence of the time of day (10, 16 and 20 h).

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Introdução

O ritmo biológico do ser humano é influenciado por variações cíclicas que se repetem regularmente em um determinado tempo. Quando essas variações se referem ao período de 24 h são chamadas de ritmos circadianos¹. Esses ritmos influenciam as variáveis fisiológicas e neuromusculares do desempenho humano tanto para atletas de alto nível quanto para pessoas que praticam exercício físico visando à saúde².

Os ritmos circadianos influenciam a resposta de diversas variáveis cardiovasculares e neuromusculares, tais como frequência cardíaca^{3,4}, pressão arterial⁴, flexibilidade⁵⁻⁷, força muscular^{7,8}, potência muscular^{7,9}, velocidade⁹, entre outras.

Reilly et al⁷ avaliaram diversas variáveis relacionadas às habilidades esportivas, ao desempenho físico e mental de 16 atletas universitários de futebol em diferentes horários do dia (8, 12, 16, 20 h). Os autores encontraram diferença estatisticamente significativa na temperatura corporal, força de preensão manual, flexibilidade, estado de alerta, fadiga, tempo de reação, potência muscular de membros inferiores e na maioria dos testes de habilidades esportivas. Em geral, os autores concluíram que os picos de desempenho físico, mental e das habilidades específicas do futebol ocorrem às 16 h ou 20 h.

Em um estudo semelhante, Rahnama et al⁹ investigaram a variação circadiana no desempenho físico, fisiológico e habilidades esportivas de 12 atletas de futebol. Os autores também encontraram diferença estatisticamente significativa na temperatura corporal, flexibilidade, potência muscular de membros inferiores e na maioria dos testes de habilidades esportivas investigadas, sendo que o pico de desempenho físico, fisiológico e habilidades esportivas foram encontrados ao entardecer (19-21 h). Concluíram que existe variação circadiana no desempenho de atletas de futebol.

A verificação desses ritmos tem sido cada vez mais discutida pelos profissionais da área da saúde, seja para identificar o período do dia em que ocorrem as maiores incidências de morte em decorrência dos problemas coronarianos¹⁰, seja para instrumentalizar os técnicos e preparadores físicos quanto a melhor hora do dia em que se deva realizar tarefas específicas dos esportes⁷ ou simplesmente para evitar a interpretação equivocada da condição física de pessoas que praticam exercícios físicos visando à saúde¹¹.

Entretanto, a maioria das investigações científicas que apresentam variação circadiana delimita-se a verificar o comportamento das variáveis isoladamente ou em vários horários do ciclo de 24 h, sendo que, em muitas vezes, os horários empregados não correspondem a real rotina de avaliação.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo principal comparar as mudanças das variáveis fisiológicas, neuromusculares e do tempo de reação em universitários, obtidas em diferentes horários do dia (10, 16 e 20 h), durante a realização de uma bateria de testes motores.

Método

Sujeitos

Participaram do estudo 30 estudantes universitários (15 homens e 15 mulheres), com idade média de 23 anos, massa corporal média de 63 kg e estatura média de 177,6 cm. Os avaliados praticavam exercícios físicos

regularmente 3 a 4 vezes por semana há, no mínimo, seis meses e não possuíam nenhum histórico de lesões osteoarticulares.

O estudo seguiu as normas de pesquisa envolvendo seres humanos estabelecidos pela declaração de Helsinki e diretrizes da resolução 196/96, do conselho nacional de saúde. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa para seres humanos da Universidade Federal de Santa Maria (CAAE nº 0236.0.243.000-08). Todos os sujeitos que concordaram em participar da pesquisa assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Descrição das variáveis

A escolha da sequência de testes (tabela 1) foi intencional, intercalando os testes de maior intensidade com os de menor intensidade e/ou por grupos musculares. Isso teve o objetivo de minimizar os possíveis efeitos da fadiga muscular e da sobrecarga sobre um mesmo grupamento muscular.

Variáveis fisiológicas

A frequência cardíaca de repouso foi mensurada por meio de um frequencímetro (*Polar FS1™*, EUA) ao final do quinto minuto de repouso. A temperatura corporal oral foi mensurada com um termômetro clínico de mercúrio durante o período de cinco minutos. Após o uso do termômetro, foram removidos os resíduos utilizando uma escova dental de cerdas macias e o mesmo foi higienizado com uma solução de álcool 70%, durante 15 min, a uma temperatura de 20 °C¹². A pressão arterial sistólica e diastólica foi verificada com o uso de um esfigmomanômetro aneróide (*Premium*, Japan). Foram seguidos os procedimentos descritos pelo ACSM¹³.

Tempo de reação

Foi realizado um teste computadorizado (teste de tempo de reação-versão 1.1) desenvolvido e validado por Corazza e Pereira¹⁴, o qual mensura o tempo de reação simples e tempo de reação de escolha. O tempo de reação simples foi registrado pela resposta (ms) entre o aparecimento do sinal luminoso (luz verde) e a descompressão do botão esquerdo do *mouse*. Tal resposta ocorre em um total de 20 vezes consecutivas com intervalos de tempo diferentes e é registrada a média das 10 tentativas intermediárias. O tempo de reação de escolha é verificado com base no

Tabela 1

Descrição da sequência dos testes, das variáveis investigadas e testes e/ou equipamentos utilizados

| Ordem | Variáveis | Teste/Equipamento | Autores |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1.º | Frequência cardíaca [®] | Frequencímetro | ACSM ¹³ |
| 2.º | Temperatura corporal [®] | Termômetro clínico | ACSM ¹³ |
| 3.º | Pressão arterial [®] | Esfigmomanômetro aneróide | ACSM ¹³ |
| 4.º | Tempo de reação | Teste computadorizado | Corazza e Pereira ¹⁴ |
| 5.º | Flexibilidade | Sentar-e-alcançar | Wells e Dillon ¹⁵ |
| 6.º | Agilidade | Shuttle run | Johnson e Nelson ¹⁶ |
| 7.º | Potência muscular | Arremesso da <i>medicine ball</i> | Johnson e Nelson ¹⁶ |
| 8.º | Potência muscular | Impulsão horizontal | Johnson e Nelson ¹⁶ |
| 9.º | Velocidade | Corrida de 30 m | Johnson e Nelson ¹⁶ |
| 10.º | Força muscular | Dinamômetro | Johnson e Nelson ¹⁶ |
| 11.º | Potência muscular | Impulsão vertical | Johnson e Nelson ¹⁶ |

[®]Após 5 min de repouso.

mesmo princípio do teste anterior, no entanto, o sujeito deve segurar o *mouse*, pressionando os botões (o direito com o indicador da mão direita e o esquerdo com o indicador da mão esquerda). O dedo esquerdo correspondia à luz verde e o dedo direito à luz azul. No momento em que a luz aparecia no monitor o sujeito erguia o dedo correspondente a respectiva cor. O teste de tempo de reação foi realizado sempre antes dos testes motores, sendo que o trânsito de pessoas, os ruídos, a luminosidade foram controladas para não prejudicar a concentração dos avaliados.

Variáveis neuromusculares

Todos os testes utilizados seguiram os procedimentos descritos por Marins e Giannichi¹⁷. Os testes neuromusculares foram realizados conforme a sequência descrita a seguir.

Sentar-e-alcançar (flexibilidade). Os avaliados ficavam sentados, com os joelhos estendidos, os pés (descalços) apoiados no banco de Wells e Dillon e realizavam uma flexão de tronco, sendo mensurada a maior distância alcançada pelos avaliados entre o início (0 cm) e o final da régua (53 cm). O resultado registrado foi o melhor das três tentativas.

Shuttle run (agilidade). Foram demarcadas duas linhas dispostas a uma distância de 9,14 m entre elas. Ao sinal sonoro emitido pelo avaliador, o avaliado tinha que correr o mais rápido possível em direção à outra linha, pegar um bloco de madeira que estava a 10 cm além da mesma e retornar ao ponto inicial depositando o bloco atrás da linha de partida, percorrer novamente o trajeto e pegar o outro bloco que estava na mesma distância da anterior e retornar a linha de partida, depositando-o atrás da linha de partida. O resultado foi registrado pelo tempo necessário para percorrer este trajeto.

Arremesso da medicine ball (Potência muscular de membros superiores). Foi demarcada uma linha de partida e fixada junto ao solo uma fita métrica perpendicularmente a esta linha. O avaliado ficava sentado, com as costas recostada à cadeira posicionada na linha de partida, segurando a *medicine ball* (3 kg para os homens e 2 kg para as mulheres) com as duas mãos contra o peito e logo abaixo do queixo, com os cotovelos o mais próximo possível do tronco. Foi registrada a maior distância alcançada nas três tentativas.

Impulsão horizontal (potência muscular de membros inferiores). Nas mesmas demarcações do teste anterior, os avaliados tinham que saltar no sentido horizontal na maior distância possível. Foram realizadas três tentativas.

Corrida de 30 m a partir do repouso (velocidade). Para a realização deste teste foram utilizados dois avaliadores, um posicionado na linha de partida para comandar o início do teste e outro na linha de chegada, distante 30 m da linha inicial, com a finalidade de registrar o tempo gasto pelo avaliado para percorrer esta distância.

Dinamometria (força muscular). Os avaliados ficaram com o corpo ereto, com o braço em extensão e segurando o dinamômetro (*Grip Strength Dynamometer*, Japan) com a mão dominante. Os mesmos foram instruídos a realizar uma preensão máxima no equipamento para determinar a força muscular. Em seguida, realizaram o mesmo procedimento com a mão não dominante.

Impulsão vertical (potência muscular de membros inferiores). Os sujeitos ficavam na posição em pé, de lado para a superfície graduada, e com o braço estendido acima da cabeça, o mais alto possível. Em seguida, com a flexão das pernas e balanço dos braços, os indivíduos saltavam o mais alto possível, tocando os dedos da mão na parede. Para facilitar a leitura, os dedos dos sujeitos continham pó de giz. Foram dadas três tentativas, sendo anotada a melhor delas. A impulsão vertical foi registrada pela distância entre a marcação inicial e final, feita pelos dedos.

Procedimentos

Na primeira visita ao laboratório, todos os sujeitos participaram de um processo de familiarização com os testes e preencheram o questionário de identificação de matutuidade-vespertinidade desenvolvido por Horne e Ostberg¹⁸ e adaptado para o Brasil por Benedito-Silva et al¹⁹ para identificação do cronotipo. Conforme a interpretação do questionário, todos os participantes foram registrados com cronotipo de nível intermediário. Neste mesmo dia foi realizada a medida da massa corporal utilizando uma balança de travessão (Arja, São Paulo, Brasil) com resolução de 0,1 kg e da estatura (estadiômetro de madeira *Cardiomed*, Paraná) com resolução de 0,5 cm, somente com a finalidade de caracterizar o grupo investigado.

Nas outras visitas ao laboratório, os avaliados realizaram a mesma bateria de testes em três dias distintos (intervalo de 48 h), em turnos diferentes (manhã: 10 h; Tarde: 16 h e Noite: 20 h) e de forma randomizada (tabela 2), a fim de diminuir a possibilidade do efeito do aprendizado com o transcorrer do estudo²⁰.

Os horários escolhidos correspondem “metade da manhã”, “metade da tarde” e “início da noite”, tal como sugeridos por Reilly e Waterhouse²¹. A temperatura ambiente (22-24 °C) foi controlada em todas as etapas.

A bateria de testes foi agendada individualmente para assegurar que todos os sujeitos realizassem os testes no mesmo horário do dia. Uma anamnese prévia identificou as fases foliculares (primeiro ao sétimo dia do fluxo menstrual), ovulatória (oitavo ao 14º dia) e lútea (15º ao 28º dia) de um ciclo menstrual regular (± 28 dias)²², sendo reagendadas as avaliações das participantes que se encontravam na fase folicular, a fim de evitar a possível interferência desta fase do ciclo no desempenho das participantes. Simão et al²³, mostram que na fase folicular as mulheres apresentaram redução significativa na força na realização do exercício de *leg press* 45º em comparação com as outras duas fases do ciclo menstrual.

Análise estatística

Utilizou-se o pacote estatístico SPSS for Windows versão 15.0 (SPSS Inc., Chicago IL, EUA). A normalidade dos dados foi confirmada por meio do teste de *Shapiro Wilk*. A comparação entre os turnos foi feita por Análise de Variância em um modelo linear misto (três turnos) com correções de *Bonferroni* para comparações múltiplas, tanto para o sexo masculino, quanto para o feminino. O nível de significância adotado foi de 5%.

Resultados

Os resultados apresentados neste estudo foram separados por sexo, visto que a maioria das tabelas normativas do desempenho humano considera as diferenças entre homens e mulheres.

Tabela 2

Randomização do início das baterias de testes

| | Manhã (10 h) | Tarde (16 h) | Noite (20 h) |
|-----------|--------------|--------------|--------------|
| Sujeito 1 | 1.º | 2.º | 3.º |
| Sujeito 2 | 3.º | 1.º | 2.º |
| Sujeito 3 | 2.º | 3.º | 1.º |
| Sujeito 4 | 1.º | 2.º | 3.º |
| ... | ... | ... | ... |

1.º: primeira bateria de testes; 2.º: segunda bateria de testes; 3.º: terceira bateria de testes.

Nas tabelas 3 e 4 são apresentadas as diferenças entre os três turnos do dia e horários dos picos para as variáveis correspondentes ao desempenho físico, fisiológico e psicomotor do sexo masculino.

As tabelas 3 e 4 indicam que não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os diferentes turnos do dia na maioria das variáveis para o sexo masculino. Houve diferença estatisticamente significativa apenas na temperatura corporal ($F=8,58$; $p=0,001$) ao comparar o turno manhã com os turnos tarde e noite e na agilidade ($F=8,44$; $p=0,001$) entre o turno manhã e o turno tarde. No entanto, pode-se observar que a maioria das variáveis estudadas (71,4%) apresentaram os picos à tarde e à noite. As exceções foram a pressão arterial sistólica, o tempo de reação de escolha e a potência de membros superiores, sendo que esta última apresentou valores muito semelhantes no turno da manhã e da tarde.

Nas tabelas 5 e 6 são apresentadas as diferenças entre os três turnos do dia e horários dos picos para as variáveis correspondentes ao desempenho físico, fisiológico e psicomotor do sexo feminino.

As tabelas 5 e 6 mostram que houve diferenças estatisticamente significantes na pressão arterial sistólica ($F=4,12$; $p=0,03$) e na impulsão vertical ($F=5,04$; $p=0,01$) ao comparar o turno manhã com o turno tarde para o sexo feminino. As demais variáveis não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre os diferentes turnos do

dia, embora a temperatura corporal ($F=3,29$; $p=0,05$) tenha apresentado tendência à variação circadiana. Observa-se que a maioria das variáveis investigadas (85,7%) apresentou os picos à tarde e à noite, assim como foi verificado no grupo masculino. Apenas a pressão arterial sistólica e a frequência cardíaca em repouso apresentaram o pico pela manhã.

Discussão

Em geral, as variáveis analisadas no presente estudo apresentaram o pico de desempenho às 16 h ou 20 h para ambos os sexos. Achados semelhantes foram encontrados por Reilly et al⁷ investigando diversas va-

Tabela 4

Horário do pico, diferenças (valor de F) e significância (p) entre os três turnos do dia para o sexo masculino

| Variáveis | Horário do pico | F | p |
|--|-----------------|------|-------|
| Temperatura corporal (°C) | 20 h | 8,58 | 0,001 |
| Frequência cardíaca repouso (bpm) | 16 h | 0,20 | 0,82 |
| Pressão arterial sistólica repouso (mmHg) | 10 h | 0,09 | 0,91 |
| Pressão arterial diastólica repouso (mmHg) | 16 h | 2,19 | 0,13 |
| Tempo de reação simples (ms) | 20 h* | 0,30 | 0,74 |
| Tempo de reação escolha (ms) | 10 h* | 2,79 | 0,08 |
| Flexibilidade (cm) | 16 h | 2,31 | 0,12 |
| Agilidade (s) | 16 h* | 8,44 | 0,001 |
| Velocidade (s) | 16 h* | 0,99 | 0,38 |
| Potência de membros superiores (cm) | 10 h | 0,94 | 0,40 |
| Potência de membros inferiores I (cm) | 16 h | 0,31 | 0,73 |
| Potência de membros inferiores II (cm) | 20 h | 0,72 | 0,49 |
| Força de prensão manual-direita (kg) | 20 h | 1,43 | 0,25 |
| Força de prensão manual-esquerda (kg) | 20 h | 1,76 | 0,19 |

*Menores tempos correspondem a melhores resultados.

Potência de membros inferiores I (impulsão horizontal); potência de membros inferiores II (impulsão vertical).

Tabela 3

Média e desvio-padrão das variáveis estudadas nos três diferentes turnos do dia para o sexo masculino

| Variáveis | Manhã | Tarde | Noite |
|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Temperatura corporal (°C) | 35,9 ± 0,5 ^a | 36,3 ± 0,4 ^b | 36,4 ± 0,3 ^b |
| Frequência cardíaca repouso (bpm) | 68,8 ± 10,7 | 69,1 ± 9,7 | 67,9 ± 11,8 |
| Pressão arterial sistólica repouso (mmHg) | 117,3 ± 11,0 | 116,0 ± 10,7 | 116,3 ± 8,9 |
| Pressão arterial diastólica repouso (mmHg) | 74,6 ± 7,2 | 77,3 ± 6,5 | 76,7 ± 6,7 |
| Tempo de reação simples (ms) | 273,0 ± 61,3 | 268,6 ± 84,1 | 260,1 ± 54,5 |
| Tempo de reação escolha (ms) | 405,1 ± 61,8 | 441,7 ± 79,1 | 439,4 ± 70,3 |
| Flexibilidade (cm) | 22,1 ± 11,6 | 23,5 ± 10,8 | 22,9 ± 11,3 |
| Agilidade (s) | 11,4 ± 0,8 ^a | 10,9 ± 0,8 ^b | 11,1 ± 0,8 ^{a,b} |
| Velocidade (s) | 4,8 ± 0,3 | 4,7 ± 0,3 | 4,8 ± 0,3 |
| Potência de membros superiores (cm) | 439,3 ± 69,7 | 439,1 ± 69,3 | 427,2 ± 58,5 |
| Potência de membros inferiores I (cm) | 204,4 ± 28,4 | 206,1 ± 28,4 | 205,0 ± 29,9 |
| Potência de membros inferiores II (cm) | 52,1 ± 7,8 | 52,4 ± 7,6 | 53,2 ± 8,2 |
| Força de prensão manual - direita (kg) | 53,2 ± 9,1 | 53,1 ± 9,6 | 54,2 ± 11,0 |
| Força de prensão manual - esquerda (kg) | 47,8 ± 8,5 | 49,0 ± 7,7 | 49,6 ± 9,2 |

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p<0,05$).

Potência de membros inferiores I (impulsão horizontal); potência de membros inferiores II (impulsão vertical).

Tabela 5

Média e desvio-padrão das variáveis estudadas nos três diferentes turnos do dia para o sexo feminino

| Variáveis | Manhã | Tarde | Noite |
|--|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Temperatura corporal (°C) | 36,1 ± 0,5 | 36,4 ± 0,4 | 36,3 ± 0,4 |
| Frequência cardíaca repouso (bpm) | 74,4 ± 9,6 | 71,5 ± 10,4 | 74,2 ± 6,5 |
| Pressão arterial sistólica repouso (mmHg) | 111,7 ± 7,0 ^a | 107,7 ± 7,0 ^b | 110,5 ± 8,0 ^{a,b} |
| Pressão arterial diastólica repouso (mmHg) | 70,3 ± 5,7 | 73,3 ± 7,0 | 71,9 ± 7,3 |
| Tempo de reação simples (ms) | 270,1 ± 51,5 | 263,3 ± 29,7 | 294,8 ± 71 |
| Tempo de reação escolha (ms) | 443,1 ± 60,0 | 431,8 ± 97,2 | 427,6 ± 71,8 |
| Flexibilidade (cm) | 28,9 ± 9,6 | 30,3 ± 8,8 | 30,3 ± 7,6 |
| Agilidade (s) | 12,5 ± 0,9 | 12,5 ± 0,9 | 12,2 ± 0,9 |
| Velocidade (s) | 5,8 ± 0,6 | 5,7 ± 0,6 | 5,6 ± 0,6 |
| Potência de membros superiores (cm) | 292,9 ± 60,6 | 294,5 ± 41,8 | 290,9 ± 36,2 |
| Potência de membros inferiores I (cm) | 147,7 ± 22,7 | 151,1 ± 18,5 | 147,8 ± 22,6 |
| Potência de membros inferiores II (cm) | 35,3 ± 7,1 ^a | 37,3 ± 6,5 ^b | 36,3 ± 6,9 ^{a,b} |
| Força de prensão manual - direita (kg) | 30,9 ± 3,6 | 31,3 ± 3,9 | 31,7 ± 4,4 |
| Força de prensão manual - esquerda (kg) | 28,9 ± 3,5 | 29,5 ± 3,7 | 29,9 ± 3,6 |

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p<0,05$).

Potência de membros inferiores I (impulsão horizontal); potência de membros inferiores II (impulsão vertical).

Tabela 6

Horário do pico, diferenças (valor de F) e significância (p) entre os três turnos do dia para o sexo feminino

| Variáveis | Horário do pico | F | p |
|--|-----------------|------|------|
| Temperatura corporal (°C) | 16 h | 3,29 | 0,05 |
| Frequência cardíaca repouso (bpm) | 10 h | 1,08 | 0,35 |
| Pressão arterial sistólica repouso (mmHg) | 10 h | 4,12 | 0,03 |
| Pressão arterial diastólica repouso (mmHg) | 16 h | 1,48 | 0,24 |
| Tempo de reação simples (ms) | 16 h * | 1,54 | 0,23 |
| Tempo de reação escolha (ms) | 20 h * | 0,23 | 0,79 |
| Flexibilidade (cm) | 16 h | 2,08 | 0,14 |
| Agilidade (s) | 20 h * | 1,94 | 0,16 |
| Velocidade (s) | 20 h * | 1,55 | 0,23 |
| Potência de membros superiores (cm) | 16 h | 0,09 | 0,91 |
| Potência de membros inferiores I (cm) | 16 h | 0,89 | 0,42 |
| Potência de membros inferiores II (cm) | 16 h | 5,04 | 0,01 |
| Força de preensão manual-direita (kg) | 20 h | 0,47 | 0,63 |
| Força de preensão manual-esquerda (kg) | 20 h | 0,75 | 0,48 |

* Menores tempos correspondem a melhores resultados.

Potência de membros inferiores I (impulsão horizontal); potência de membros inferiores II (impulsão vertical).

riáveis relacionadas às habilidades esportivas, ao desempenho físico e mental de jogadores universitários de futebol. Esses autores mencionam que o pico de desempenho também foi relacionado intimamente com o pico da temperatura corporal.

A associação entre a variação diurna da temperatura e a capacidade de desempenho já foi encontrada em diversos estudos anteriores^{6,24,25}. Conforme Lericollais et al²⁵ a temperatura corporal alcança seu pico por volta das 18 h, sendo que essa acrofase corresponde ao meio entre o horário da tarde e noite empregados no presente estudo. Isso justifica a semelhança dos resultados e a não significância estatística das variáveis investigadas entre esses turnos em ambos os sexos.

Em contrapartida, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes no turno da manhã com os turnos da tarde ($p=0,02$) e da noite ($p=0,001$) para o sexo masculino e uma tendência a variação circadiana do turno da manhã com o turno da tarde ($p=0,05$) para o sexo feminino. Isso demonstra que as maiores variações da temperatura corporal podem ser notadas ao comparar o turno da manhã com os outros turnos. Waterhouse et al²⁶ confirmam estes achados, dizendo que o mínimo da temperatura central ocorre às 5 h e no período entre 14 e 20 h não ocorrem grandes mudanças circadianas e ainda, que tal ritmo reflete os efeitos combinados do relógio biológico, sono, atividade física e mental.

Quanto às variáveis cardiovasculares, sabe-se que o ritmo circadiano da pressão sanguínea atinge o pico durante a tarde em associação com o ritmo circadiano da resistência capilar, no entanto, é bastante difícil o controle da pressão arterial devido às influências exógenas e ainda devido aos efeitos combinados da temperatura corporal central e da adrenalina plasmática, as quais aumentam durante o decorrer do dia²⁷.

Nesse sentido, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os três turnos do dia para a frequência cardíaca de repouso e a pressão arterial diastólica. O pico da frequência cardíaca de repouso foi encontrado pela manhã e à tarde, para as mulheres e homens, respectivamente.

A pressão arterial sistólica apresentou diferença estatisticamente significativa, apenas para o grupo feminino, entre os turnos da manhã e da tarde ($p=0,03$), alcançando o pico às 10 h. Esses resultados diferem dos encontrados por Rajagopal²⁸, que avaliou 30 jogadores de voleibol de ambos os sexos, encontrando diferenças significantes nos horários entre 2 e 14 h, 2 e 16 h e 18 e 22 h, no grupo feminino. Para este mesmo autor, a pequena variabilidade encontrada entre os turnos pode representar pouco ou nenhum efeito sobre o desempenho de atletas.

No entanto, Jones et al⁴ investigando a variação circadiana da frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e diastólica em 440 pacientes hipertensos. Neste estudo o pico da pressão arterial sistólica e diastólica foi encontrado entre 8 e 10 h. A frequência cardíaca apresentou dois picos (8-10 h e 16-18 h). A identificação dos picos das variáveis fisiológicas, principalmente da pressão arterial, deve ser considerada ao prescrever um treinamento para pessoas hipertensas, pois o infarto do miocárdio e a morte cardíaca súbita apresentam o pico de incidência entre 6 e 12 h¹⁰.

O desempenho psicomotor (tempo de reação) não apresentou variação circadiana entre os três turnos do dia. Em geral, o pico do desempenho psicomotor foi encontrado no turno da tarde e início da noite. Reilly et al⁷ também encontraram o pico do tempo de reação à tarde (16 h). Reilly et al¹ complementam dizendo que há um incremento de 2,4 m/s na velocidade da condução neural para cada 1 °C do aumento da temperatura. Essa associação poderia explicar o melhor desempenho psicomotor nos turnos tarde e noite, conforme encontrados no presente estudo.

Ao analisar-se o comportamento da flexibilidade durante os três turnos verifica-se que não houve diferenças estatisticamente significantes para ambos os sexos. Em contrapartida, Gifford⁵ analisou as respostas da flexibilidade em diferentes horários do dia e encontrou amplitudes significativas dentro das 24 h na flexão e extensão da região lombar, na rotação lateral glenoumeral e na flexão do tronco. O autor complementa que há grandes diferenças interindividuais em relação ao horário do pico, podendo variar entre 12 e 24 h. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas entre os turnos na atual investigação, o pico foi encontrado à tarde indo ao encontro de outros estudos^{7,29}.

As respostas da velocidade e da agilidade apresentaram os picos à tarde e à noite coincidindo com as demais variáveis estudadas no presente estudo. Não foi encontrada variação circadiana na resposta da velocidade em ambos os grupos. Já Rahnama et al⁹ analisando a velocidade de 12 jogadores de futebol no período da manhã (7-9 h) e da noite (17-21 h) encontraram variação circadiana. Entretanto, apesar de divergirem quanto à significância estatística, ambos os estudos coincidiram com o pico do desempenho desta variável.

A agilidade apresentou diferenças estatisticamente significantes entre os turnos manhã e tarde para o sexo masculino. No entanto, Jourkesh et al³⁰ avaliaram a agilidade (*shuttle run*) em 12 universitários do sexo masculino e não encontraram variação circadiana entre os horários investigados (9, 14 e 18 h). Essa divergência com o presente estudo pode ser explicada pelos diferentes horários utilizados durante as testagens.

No entanto, cabe ressaltar que uma limitação da atual investigação foi à utilização de cronômetros manuais para mensurar os tempos nos testes de velocidade e agilidade. Por isso, sugere-se a utilização de um sistema de fotocélulas para assegurar a confiabilidade dos resultados.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os três turnos para a potência muscular mensurada por meio dos testes arremesso da *medicine ball* (ambos os sexos), impulsão horizontal (ambos os sexos) e impulsão vertical (somente grupo masculino). Rahnama et al⁹ utilizando o teste de impulsão horizontal e Racionais et al¹¹ fazendo uso do teste de impulsão vertical também não encontraram variação circadiana. No entanto, alguns estudos^{7,9} realizados com jogadores de futebol universitário mostram o efeito das 24 h do dia sobre o desempenho da impulsão vertical. Esses achados estão de acordo com os resultados do grupo feminino apresentados no presente estudo, no qual mostrou diferença estatisticamente significativa ($p=0,01$) entre os turnos manhã e tarde.

Com base nos trabalhos anteriormente citados, relacionados à potência muscular em adultos jovens saudáveis, fica evidente a necessidade de realizar mais estudos que possam confirmar tal periodicidade, pois não houve um consenso entre os trabalhos que analisaram esta variável em universitários.

Entretanto, independentemente do grupo muscular testado (membros superiores ou inferiores) as principais modificações no desempenho da potência muscular são percebidas durante o transcorrer da manhã para a tarde e da manhã para a noite, sendo que nos últimos dois turnos do dia ocorrem o melhor desempenho da potência muscular.

A última variável investigada foi a força muscular que, embora não tenha apresentado grandes variações no decorrer dos turnos, foi constante entre os sexos, sendo o pico registrado às 20h. Picos semelhantes foram encontrados por outros estudos^{7,8}. Atkinson e Reilly⁸ ressaltam que a força muscular, independente do grupo muscular medido ou da velocidade da contração, atinge o pico no início da noite.

Cabe ressaltar que a intenção do presente estudo foi investigar as variáveis cardiovasculares, psicomotoras e neuromusculares inseridas em uma bateria de testes e em horários que se aproximassem mais da real rotina de avaliação. Tais horários empregados no presente estudo podem explicar a não significância estatística encontrada entre os três turnos do dia na maioria das variáveis investigadas. Possivelmente se fossem empregados horários mais próximos do início da manhã e ao final da noite poderiam ser encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os três turnos do dia.

Com base nos resultados apresentados, verificaram-se diferenças significantes apenas para a temperatura corporal e a agilidade, no grupo masculino, enquanto que no grupo feminino, foram encontradas diferenças significantes na potência muscular de membros inferiores e na pressão arterial sistólica de repouso. Dessa forma, os dados sugerem que a resposta da maioria das variáveis estudadas, inseridas em uma bateria de testes, não sofre influência da hora do dia (10, 16 e 20 h), tanto para o sexo masculino quanto para o sexo feminino de adultos jovens saudáveis.

RESUMO

Objetivo. O ritmo circadiano consiste nas mudanças cíclicas que ocorrem no período de 24 h, podendo interferir no desempenho humano. O objetivo do presente estudo foi comparar os resultados das variáveis fisiológicas, neuromusculares e do tempo de reação obtidas em diferentes horários do dia.

Método. Os 30 voluntários (15 homens e 15 mulheres) realizaram uma bateria de testes no turno da manhã (10 h), tarde (16 h) e noite (20 h). As variáveis analisadas foram a temperatura corporal (temperatura oral), frequência cardíaca, pressão arterial (sistólica e diastólica), o tempo de reação, a flexibilidade, agilidade, velocidade, potência muscular e a força muscular.

Resultados. Na maioria das variáveis estudadas não foi constatada variação circadiana. No entanto, para o grupo masculino, a temperatura corporal foi estatisticamente superior à tarde ($36,3 \pm 0,4$ °C) e à noite ($36,4 \pm 0,3$ °C) em relação à manhã ($35,9 \pm 0,5$ °C) e a agilidade foi estatisticamente menor (refletindo o maior desempenho) à tarde ($10,9 \pm 0,8$ s) em relação à manhã ($11,4 \pm 0,8$ s). Enquanto no grupo feminino, a pressão arterial sistólica foi estatisticamente maior pela manhã ($111,7 \pm 7$ mmHg) em relação à tarde ($107,7 \pm 7$ mmHg) e a impulsão vertical foi estatisticamente maior à tarde ($37,3 \pm 6,5$ cm) em relação à manhã ($35,3 \pm 7,1$ cm).

Conclusão. Os dados sugerem que a resposta da maioria das variáveis estudadas, não sofre influência da hora do dia (10, 16 e 20 h).

Palavras-chave:
Periodicidade.
Exercício.
Aptidão física.

Referências

1. Reilly T, Atkinson G, Waterhouse J. Cronobiologia e desempenho físico. In: Garrett Jr, William E, Kirkendall DT, editors. A ciência do exercício e dos esportes. Porto Alegre: Artmed; 2003. p. 378-400.
2. Drust B, Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. Circadian rhythms in sports performance - an update. *Chronobiol Int*. 2005;22:21-44.
3. Afonso LS, Santos JFB, Lopes JR, Tambelli R, Santos EHR, Back FA, et al. Frequência cardíaca máxima em esteira ergométrica em diferentes horários. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12:318-22.
4. Jones H, Atkinson G, Leary A, George K, Murphy M, Waterhouse J. Reactivity of ambulatory blood pressure to physical activity varies with time of day. *Hypertension*. 2006;47:778-84.
5. Gifford LS. Circadian variation in human flexibility and grip strength. *Aust J Phys*. 1987;33:3-9.
6. Edwards B, Waterhouse J, Reilly T, Atkinson G. A comparison of the suitability of rectal, gut and insulated axilla temperatures for measurement of the circadian rhythm of core temperature in field studies. *Chronobiol Int*. 2002;19:579-97.
7. 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;24:507-19.
8. Atkinson G, Reilly T. Circadian variation in sports performance. *Sports Med*. 1996;21:292-312.
9. Rahnama N, Sajjadi N, Bambaiechi E, Sadeghpour HR, Daneshjoo H, Nazary B. Diurnal variation on the performance of soccer-specific skills. *World J Sport Sci*. 2009;2:27-30.
10. Muller JE. Circadian variation in cardiovascular events. *Am J Hypertens*. 1999;12:355-425.
11. Racinais S, Hue O, Hertogh C, Damiani M, Blonc S. Time-of-day effects in maximal anaerobic leg exercise in tropical environment: a first approach. *Int J Sports Med*. 2004;25:186-90.
12. Wright ES, Mundy RA. Studies on disinfection of clinical thermometers. I. Oral thermometers from a general hospital. *Appl Microbiol*. 1958;6:381-3. Bloomfield, New Jersey: Lehn & Fink Products Corporation; 1958.
13. ACSM. Manual do ACSM para teste de esforço e prescrição de exercício. 5.ª ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2000.
14. Corazza ST, Pereira EF. Creation, development and analysis of reproductiveness of test to evaluate simple and choice reaction times. *The FIEP Bulletin*. 2007;77:613-5.
15. Wells KF, Dillon EK. The sit and reach - a test of back and leg flexibility. *Res Quart*. 1952;23:115-8.
16. Johnson BL, Nelson JK. Practical measurements for evaluation in physical education. Minnesota: Burgess; 1979.
17. Marins JC, Giannichi RS. Avaliação e Prescrição da Atividade Física: guia prático. 3.ª ed. Rio de Janeiro: Sharp; 2003.
18. Horne JA, Ostberg CO. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol*. 1976;4:97-110.
19. Benedito-Silva AA, Menna-Barreto L, Marques N, Tenreiro S. A self-assessment questionnaire for the determination of morningness-eveningness types in Brazil. *Prog Clin Biol Res*. 1990;341B:89-98.
20. Atkinson G, Nevill AM. Selected issues in the design and analysis of sport performance research. *J Sports Sci*. 2001;19:811-27.
21. Reilly T, Waterhouse J. Sports performance: is there evidence that the body clock plays a role? *Eur J Appl Physiol*. 2009;106:321-32.
22. Loureiro S, Dias I, Sales D, Alessi I, Simão R, Fermino RC. Effect of different phases of the menstrual cycle on the performance of muscular strength in 10RM. *Rev Bras Med Esporte*. 2011;17:22-5.
23. Simão R, Maior AS, Nunes APL, Monteiro L, Chaves CPG. Variações na força muscular de membros superior e inferior nas diferentes fases do ciclo menstrual. *R Bras Ci Mov*. 2007;15:47-52.
24. Souissi N, Bessot N, Chamari K, Gauthier A, Sesboué B, Davenne D. Effect of time of day on aerobic contribution to the 30-s Wingate test performance. *Chronobiol Int*. 2007;24:739-48.
25. Lericollais R, Gauthier A, Bessot N, Sesboué B, Davenne D. Time-of-day effects on fatigue during a sustained anaerobic test in well-trained cyclists. *Chronobiol Int*. 2009;26:1622-35.
26. Waterhouse J, Drust B, Weinert D, Edwards B, Gregson W, Atkinson G, et al. The circadian rhythm of core temperature: origin and some implications for exercise performance. *Chronobiol Int*. 2005;22:207-25.
27. Minati A, Santana MG, Mello MT. A influência dos ritmos circadianos no desempenho físico. *Rev Bras Cienc Mov*. 2006;14:75-86.
28. Rajagopal I. Effect of gender difference and circadian rhythm on systolic blood pressure in volleyball players. *J Exerc Physiol (online)*. 2011;14:46-54.
29. Edwards BJ, Atkinson G, Waterhouse J, Reilly T, Godfrey R, Budgett R. Use of melatonin in recovery from jet-lag following an eastward flight across 10 time-zones. *Ergonomics*. 2000;43:1501-13.
30. Jourkesh M, Keikha BM, Sadri I, Ojagi A. The effects of time of day on physical fitness Performance in college-aged men. *Ann Bio Res*. 2011;2:435-40.