

Alterações circadianas da flexibilidade em voluntários adultos

Circadian changes in flexibility in adult volunteers

Ana Paula Cardoso Pereira¹; Sheynara Emi Ito Mazza²; Maicom Borges Moraes²; André de Oliveira Teixeira¹; Ozeia Simões Franco¹; Luis Ulisses Signori³

¹Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande, RS – Brasil.

²Graduandos em Educação Física – Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande, RS – Brasil.

³Doutor em Ciências da Saúde (Cardiologia) – Instituto de Cardiologia do RS, Fundação Universitária de Cardiologia IC/FUC, Professor de Fisiologia Humana – Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande, RS – Brasil.

Endereço para correspondência

Luis Ulisses Signori
Avenida Itália, km 8
96201-900 – Rio Grande – RS [Brasil]
l.signori@hotmail.com

Resumo

Objetivo: Avaliar as alterações circadianas da flexibilidade em voluntários adultos. **Métodos:** Vinte e quatro voluntários (12 homens), com idade de 29,18 ($\pm 4,58$) anos e índice de atividade física (IAF) de 38,3 (± 26) pontos realizaram sete avaliações (8h; 12h; 12h pós-refeição; 16h; 20h, 20h pós-refeição e 24h) da flexibilidade ao longo de 24h. **Resultados:** A pressão arterial diastólica aumentou ($P=0,008$) às 20h; e a sistólica ($P=0,002$), às 16h e às 20h. A flexibilidade ($P<0,001$) apresentou menores valores no despertar. Após as refeições a flexibilidade reduziu aproximadamente 5% ($P<0,001$). Voluntários com baixo IAF apresentaram menores valores de flexibilidade ($P=0,032$), no entanto, obtiveram maiores ganhos desta no início do dia. **Conclusões:** O ritmo circadiano produz alterações na reatividade cardiovascular e na flexibilidade. Os participantes com baixo índice de atividade física e os do gênero masculino apresentam maiores ganhos na flexibilidade nas primeiras horas do dia.

Descritores: Amplitude de movimento articular; Aptidão física; Fenômenos biológicos; Ritmo circadiano.

Abstract

Objective: To evaluate the circadian changes in flexibility in adults volunteer. **Methods:** Twenty-four subjects (12 males), 29.18 (± 4.58) years old and physical activity index (PAI) of 3.3 (± 26) points, realized seven measurements (8h, 12h, 12h post-meal, 16h, 20h, 20h post-meal, and 24h) over 24 hours. **Results:** The diastolic blood pressure ($P=0.008$) increased at 20h, and systolic blood pressure ($P=0.002$) at 16h and at 20h. Levels of flexibility were lower ($P<0.001$) on waking. After the meal the flexibility reduced approximately 5% ($P<0.001$). Volunteers with low PAI had lower levels of flexibility ($P=0.032$), but these were the largest ever earlier in the day. **Conclusion:** The circadian rhythm produces changes in cardiovascular reactivity and flexibility. Volunteers with low physical activity and the males have higher gains of flexibility in the early hours of the day.

Key words: Biological phenomena; Circadian rhythm; Physical fitness; Range of motion articular.

Introdução

O ritmo circadiano é o estudo dos fenômenos biológicos (eventos bioquímicos, fisiológicos e comportamentais) que oscilam periodicamente, usando-se ciclos de 24 horas (h) como indicativo desse período¹. A sincronização desses ritmos é realizada pelo núcleo supraquiasmático do hipotálamo, que responde a estímulos exógenos e endógenos^{1,2}, modificando algumas funções biológicas, tais como a pressão arterial sistêmica, a temperatura corporal e os níveis hormonais, as quais apresentam modificações no seu funcionamento durante esse período^{3,4}. Estas alterações fisiológicas sofrem a influência do sono, das atividades físicas e de agentes estressores do meio ambiente⁴.

O ritmo circadiano interfere na reatividade cardiovascular, verifica-se que a pressão arterial sistêmica e a frequência cardíaca exibem seu pico nas primeiras horas da manhã^{5,6}, sendo observado uma maior incidência de eventos cardiovasculares e cerebrovasculares, bem como uma maior morbidade e mortalidade neste período^{7,8}. Alterações no ritmo biológico modificam vários índices de capacidade aeróbia, anaeróbia e outras variáveis fisiológicas durante diferentes níveis de exercício⁹, pois o desempenho físico depende dos ritmos endógenos, da natureza e da intensidade do exercício e das influências ambientais^{10,11}.

A flexibilidade é utilizada como forma de inferir o comprimento muscular que resulta na amplitude do movimento articular, sendo esta variável um componente da saúde relativo à forma física e altamente treinável¹⁰. O gênero, a idade e o tipo corporal interferem na flexibilidade e na composição do corpo, porém o nível de atividade física é considerado o principal fator nesta relação^{12,13}. Os componentes da aptidão física mudam ciclicamente durante o dia. Em repouso, são controlados endogenamente pelo relógio biológico, e, no restante do tempo, pelo ritmo circadiano, sendo em grande parte influenciado pelas alterações da temperatura corporal¹³.

A literatura apresenta pesquisas sobre a reatividade cardiovascular⁶⁻⁸ e a flexibilidade^{14,15}; entretanto, estas ainda não foram estudadas simultaneamente durante o ritmo circadiano. Estudos voltados para as alterações circadianas da flexibilidade ainda não foram realizadas com a população brasileira. O objetivo neste trabalho foi avaliar as alterações circadianas da reatividade cardiovascular e da flexibilidade, observando a influência do índice de atividade física, dos gêneros e das refeições em voluntários adultos.

Materiais e métodos

Este estudo caracteriza-se como observacional descritivo. A pesquisa foi conduzida de acordo com a Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde e aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), sob o protocolo 069/2008.

Crítérios de elegibilidade

Foram convidados a participar voluntários com idade entre 20 e 35 anos, com índice de massa corporal (IMC) menor que 30 (kg/m²), que não estivessem em uso de medicamentos (analgésicos, anti-inflamatórios, imunossupressores e corticosteroides) a um período inferior a 30 dias antes da coleta, não participantes de programas regulares de atividades físicas, sem diagnóstico de patologias crônicas (diabetes, hipertensão), sem histórico de cirurgias de coluna e membros inferiores, que não apresentassem crises prévias de lombalgia e lombociatalgia ou lesões musculoesqueléticas (estiramento e/ou contratura) num período inferior a 90 dias da coleta.

No dia da coleta de dados, os voluntários realizaram uma avaliação física; e os que apresentaram relato de dor e/ou desconforto 72 h previamente à avaliação, processo inflamatório e/ou infeccioso ativo, testes de radiculite positivo (teste da perna retificada e Laségue), temperatura corporal $\geq 38^{\circ}\text{C}$, não foram incluídos no estudo. Baseados nestes critérios foram excluí-

dos seis voluntários, os quais não seguiram as orientações e/ou relataram dor ou desconforto durante as coletas de dados. A amostra foi composta por vinte e quatro voluntários pareados por gênero e idade. O fluxograma da alocação dos voluntários encontra-se na Figura 1.

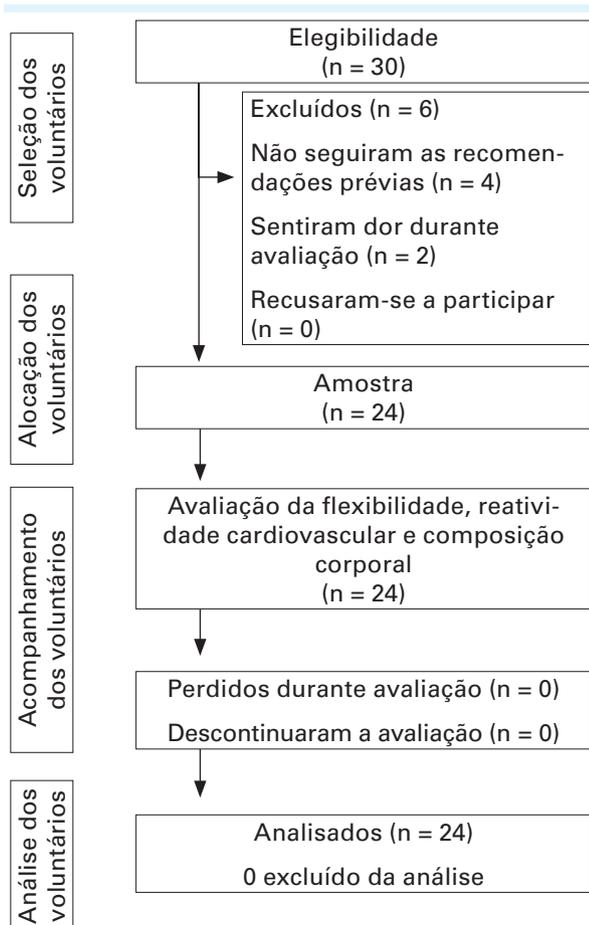


Figura 1: Fluxograma da alocação dos voluntários que participaram do estudo

Coletas de dados

As coletas de dados foram realizadas entre o período de junho a setembro de 2011. Os voluntários foram orientados e acompanhados pelos avaliadores a manterem suas rotinas de atividade diária normal e não realizarem atividades físicas e/ou dormirem ao longo do dia. O estudo consistiu em sete coletas de dados no decorrer do mesmo dia, sendo os horários avaliados: ao despertar às 8 h (aproximadamente); às 12 h; imediatamente após a refeição das 12 h; às

16 h; às 20 h; logo após a refeição das 20 h e às 24 h (aproximadamente) antes de dormir.

Foi solicitado previamente que os voluntários não ingerissem bebidas alcoólicas desde a noite anterior à coleta e que tivessem um período de repouso de pelo menos 6 h de sono antecedente à primeira coleta basal (8 h); que realizassem as coletas nos horários agendados e executassem as demais atividades de rotina. As coletas foram sempre no mesmo local (sala), com as mesmas vestimentas, sem a presença de metais e com acompanhamento de um dos pesquisadores.

Procedimentos

A flexibilidade foi avaliada pelo Banco de Wells e Dillon¹⁶, teste também denominado “teste de sentar e alcançar” (*sit-and-reach test*), que mede a flexibilidade dos músculos isquiotibiais e os da região lombar. Para a realização do teste, o voluntário encontrava-se sentado com os joelhos estendidos, membros inferiores levemente separados, pés apoiados firmemente na parede da caixa de madeira (aparato), cotovelos e ombros estendidos. A partir dessa posição, o voluntário realizava um movimento de flexão do tronco, tentando alcançar com as mãos o maior deslocamento possível sobre uma escala graduada em centímetros na parte superior da caixa^{16,17}. O ponto zero da escala coincide com o apoio para os pés e avança ± 28 cm na direção do avaliado¹⁶.

A temperatura corporal foi avaliada com termômetro clínico digital (G-Tech, TH186, Reg. Anvisa nº: 80275310002, Onbo Electronics; China) colocado por dois minutos na região axilar. A altura e a circunferência abdominal foram verificadas por meio de fita métrica, não flexível com precisão de 0,5 cm. As medidas da pressão arterial sistêmica (Pressão Arterial Sistólica = PAS e Pressão Arterial Diastólica = PAD) foram avaliadas pelo método auscultatório através de esfigmomanômetro (Premium, Glicomed, Brasil) e estetoscópio (BIC, cód. 701890, Brasil), de acordo com as VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão (2010)¹⁸. A frequên-

cia cardíaca (FC) foi medida por cinco minutos pelo frequencímetro de pulso (POLAR, RS300X, Finlândia) e os dados expressos pela média dos batimentos por minuto. A pressão arterial média (PAM) foi calculada pela fórmula $PAM = PAD + 1/3 (PAS - PAD)$. O duplo produto foi expresso pela multiplicação da frequência cardíaca pela pressão arterial sistólica ($DP = FC \times PAS$) e a pressão de pulso pela diferença entre PAS e a PAD ($PPP = PAS - PAD$). O peso corporal foi medido por uma balança digital portátil (Philco, modelo PHBE 6, Brasil).

O índice de atividade física (IAF) foi avaliado por meio do questionário proposto por Kasari¹⁹, em 1976, formado por perguntas relacionadas à frequência, à duração e à intensidade da prática de exercícios e/ou atividade física. Cada pergunta apresenta uma escala de 1 a 5 pontos; e o escore final é composto pela multiplicação destes valores. Escores finais entre 80 e 100 indicam um estilo de vida muito saudável e estão na categoria de alta aptidão física; entre 60 e 79, ativo e saudável, e aptidão física muito boa; entre 40 e 69, aceitável e boa; de 20 a 39, não suficientemente boa e aptidão física pobre; abaixo de 20, sedentário e muito pobre. Para a comparação entre os índices foram considerados os valores >20 e ≤ 20 ¹⁹.

Análise estatística

Os dados estão expressos em média e desvio-padrão ($\pm DP$). O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar a distribuição dos dados. As variáveis com duas medidas foram comparadas pelo teste "t" pareado de Student. As variáveis com três ou mais medidas foram analisadas pela análise de variância (ANOVA) simples e de duas vias para medidas repetidas, seguidas de *post hoc* de Bonferroni. Foi considerado um nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

Resultados

Avaliaram-se vinte e quatro voluntários (12 homens), com 29,2 ($\pm 4,6$) anos de idade, apresentando índice de atividade física de 38,3 (± 26) pontos. Do total, 53% foram classificados com um baixo índice de atividade física (destes, 12,5%, pobre; e 41,6% considerados muito pobre).

A Tabela 1 apresenta os dados das alterações circadianas da reatividade cardiovascular e das características físicas. A frequência cardíaca nas 16 h, 20 h e 24 h apresentou-se 8% maior que os valores basais ($P = 0,013$). A PAD aumentou 10% em relação à coleta basal (8 h) às 20 h

Tabela 1: Alterações circadianas da reatividade cardiovascular e variáveis física

Variáveis	8 h	12 h	16 h	20 h	24 h	P
FC (bpm)	68,1 \pm 8	71,3 \pm 7	74,8 \pm 10*	73,4 \pm 9*	73,7 \pm 10*	P=0,013
PAD (mmHg)	71,6 \pm 12	74,5 \pm 13	75,0 \pm 14	79,9 \pm 10*	74,4 \pm 10	P=0,008
PAS (mmHg)	117,0 \pm 16	119,3 \pm 17	123,8 \pm 15*	123,0 \pm 15*	118,5 \pm 15	P= 0,002
PAM (mmHg)	86,7 \pm 12	89,4 \pm 13	91,1 \pm 12	94,3 \pm 11*#	89,1 \pm 10‡	P<0,001
PPP (mmHg)	45,4 \pm 14	44,9 \pm 16	48,3 \pm 14	43,1 \pm 12	44,1 \pm 13	P=0,273
DP (bpm.mmHg)	7947 \pm 1223	8397 \pm 1317	9226 \pm 1759*#	9043 \pm 1760*	8770 \pm 1775*	P<0,001
Peso (kg)	69,4 \pm 14	69,4 \pm 14	69,5 \pm 14	69,4 \pm 14	69,5 \pm 14	P=0,390
IMC (kg/m ²)	23,9 \pm 3	24,0 \pm 3	24,0 \pm 3	24,0 \pm 3	24,1 \pm 3	P=0,316
Cirtometria (cm)	82,9 \pm 8	83,8 \pm 9	83,8 \pm 8	83,7 \pm 8	84,0 \pm 9	P < 0,091
TC (°C)	36,2 \pm 1	36,1 \pm 1	36,2 \pm 0,5	36,2 \pm 0,4	36,1 \pm 1	P=0,999

FC: Frequência cardíaca; PAD: Pressão arterial diastólica; PAS: Pressão arterial sistólica; PAM: Pressão arterial média; PPP: Pressão de pulso; CA: Cirtometria abdominal; DP: Duplo produto; IMC: Índice de massa corporal. TC: Temperatura corporal.

Anova de uma via para medidas repetidas seguida de *post hoc* de Bonferroni. * $P < 0,05$ vs 8 h; # $P < 0,05$ vs 12 h; ‡ $P < 0,05$ vs 20 h pós.

($P=0,008$), o mesmo aconteceu com a PAS, às 16 h e às 20 h, ($P=0,002$), sendo este aumento de aproximadamente 5%. A pressão arterial média (PAM) verificada às 20 h aumentou em relação ao basal ($P<0,001$) e às 12 h, porém às 24 h esta variável diminuiu 5% em relação às 20 h.

Referente às medidas basais, o duplo produto (DP) apresentou-se aumentado às 16 h, 20 h e 24 h ($P<0,001$), respectivamente, 13,87%, 12,12% e 9,39%; e às 20 h esta variável também aumentou em relação às 12 h. A pressão de pulso, a cirtometria abdominal, o peso, o índice de

massa corporal e a temperatura corporal não se modificaram ao longo do período avaliado. A flexibilidade apresentou alterações durante o estudo, sendo observado um aumento às 12 h, 16 h, 20 h e 24 h ($P<0,001$), respectivamente, 10,9%, 12,3%, 16,1% e 16,4%, em relação à coleta basal (8h) (Figura 2A).

A Tabela 2 apresenta os dados antes e imediatamente após as refeições (12 h e 20 h). O peso corporal apresentou um esperado aumento nos períodos pós-refeições, 12 h ($P<0,001$) e 20 h ($P=0,004$), sendo respectivamente de 0,86% e

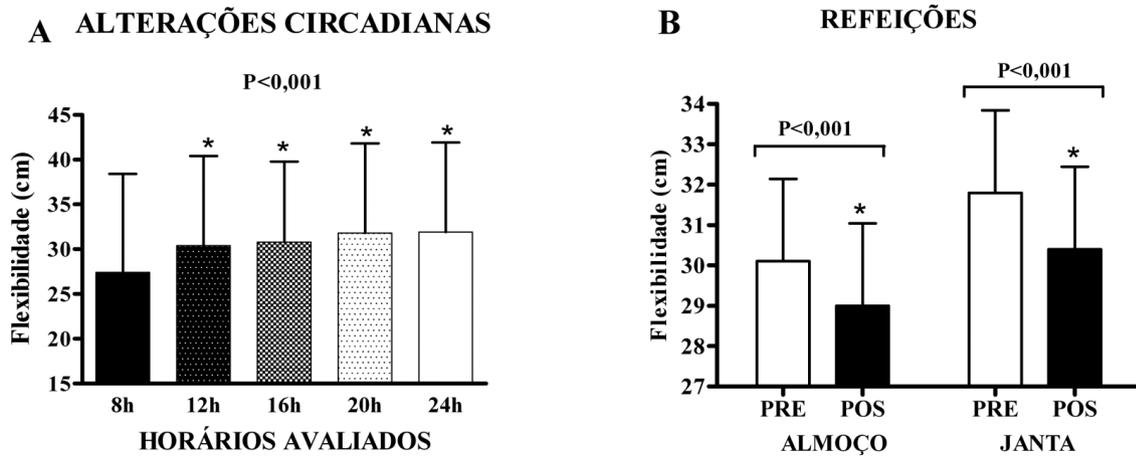


Figura 2: Alterações circadianas da flexibilidade a longo do período estudado e após as refeições. Média ± DP. Anova de uma via para medidas repetidas, seguida de *post hoc* de Bonferroni. * $P<0,05$ vs 8 h; Teste “t” pareado de Student * $P<0,05$ vs PRE

Tabela 2: Alterações advindas das refeições na reatividade cardiovascular e variáveis físicas

Variáveis	Almoço			Janta		
	12 h	12 h após	P	20 h	20 h após	P
FC (bpm)	71,28 ±8	73,39 ±7	P=0,175	73,39 ±10	74,96 ±11	P=0,097
PAD (mmHg)	74,5 ±13	74,6 ±15	P=0,963	79,9 ±10	78,8 ±11	P=0,483
PAS (mmHg)	119,3 ±17	121,3 ±16	P=0,142	123,0 ±15	120,9 ±13	P=0,310
PAM (mmHg)	89,4 ±13	90,1 ±13	P=0,646	94,3 ±11	92,9 ±10	P=0,264
PPP (mmHg)	44,9 ±16	46,8 ±17	P=0,209	43,1 ±12	42,1 ±12	P=0,689
DP (bpm.mmHg)	8397 ±1317	8750 ±1384	P=0,081	9043 ±1760	9101±1751	P=0,777
Peso (kg)	69,4 ±14	70,0 ±14*	P<0,001	69,4 ±14	69,8 ±14*	P=0,004
IMC (kg/m ²)	24,0 ±3	24,2 ± 3*	P<0,001	24,0 ± 3	24,2 ±3*	P=0,002
Cirtometria (cm)	83,8 ±9	85,0 ±9*	P<0,001	83,7 ±8	84,7 ±9*	P=0,001
TC (°C)	36,1 ±1	36,2 ±1	P=0,505	36,2 ±0	36,2 ±1	P=0,708

FC: Frequência cardíaca; PAD: Pressão arterial diastólica; PAS: Pressão arterial sistólica; PAM: Pressão arterial média; PPP: Pressão pulso; DP: Duplo produto; IMC: Índice de massa corporal; TC: Temperatura corporal. Teste “t” pareado de Student * $P<0,05$ vs 12 h.

0,58%. Estes aumentos no período pós-prandial influenciaram o IMC (12 h $P<0,001$; 20 h $P=0,002$) e a circunferência (P<0,001). As demais variáveis cardiovasculares e a temperatura corporal não se modificaram após as refeições (12 h e 20 h). As refeições interferiram na flexibilidade, ocasionando uma diminuição de 4% às 12 h ($P<0,001$), e 5%, após as 20 h ($P<0,001$), conforme dados apresentados na Figura 2B.

Os gêneros não apresentaram diferenças nas alterações da flexibilidade durante o ritmo circadiano (grupos: $P=0,268$; interação: $P=0,302$), dados representados na Figura 3A. Entretanto, em relação à avaliação basal (tempo: $P<0,001$), os homens apresentaram um aumento na flexibilidade a partir da segunda avaliação (12 h); e as mulheres, somente das 20 h e 24 h.

Os voluntários considerados sedentários e com índice de atividade física muito pobre (<20 pontos) mostraram flexibilidade aproximadamente 30% menor em todos os momentos avaliados ($P=0,032$), dados representados na Figura 3B. As modificações em relação ao tempo ($P<0,001$) demonstraram que a partir das 8 h, os indivíduos sedentários apresentaram um aumento na flexibilidade em todas as demais avaliações, e nos ativos, estas modificações foram observadas somente às 20 h e às 24 h. A interação não se modificou ao longo do estudo ($P=0,684$) nesta variável.

Discussão

A flexibilidade e a reatividade cardiovascular modificaram-se durante o ritmo circadiano. Verificou-se que a flexibilidade aumentou ao longo do dia, e as refeições reduziram esta variável. Observou-se também que o gênero masculino apresentou aumentos na flexibilidade logo nas primeiras horas avaliadas, e que o índice de atividade física influencia a flexibilidade. Além disso, constatou-se que os indivíduos sedentários mostraram-se mais sensíveis às alterações da flexibilidade nas primeiras horas do dia.

Os resultados desta pesquisa estão de acordo com estudos prévios descritos por Alter¹⁵, os quais mostraram que a menor flexibilidade é encontrada no início da manhã, pois ao despertar, os componentes plásticos do organismo estão em sua forma original devido ao repouso²⁰. Dantas²⁰ sugere que essa variável apresenta-se mais alta entre as 10 h e 11h, e entre 16 h e 17 h, o que não foi confirmado pelos resultados obtidos neste trabalho, pois esta se apresentou mais elevada às 24 horas.

Reilly et al.²¹ observaram que a altura diminui cerca de dois centímetros ao longo do dia, ocorrendo um retorno quase total dessa medida nas primeiras horas do sono. Esta redução da altura se deve especialmente à desidratação dos discos intravertebrais, que, por sua vez, aumen-

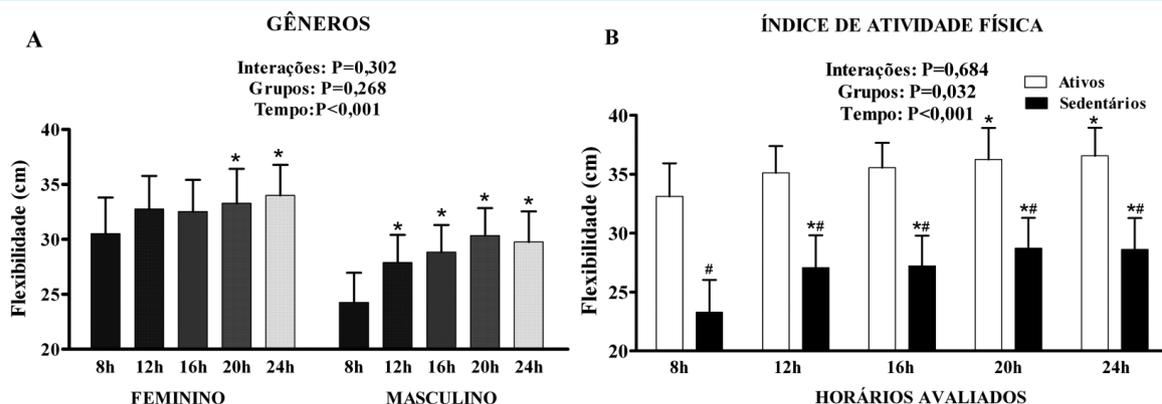


Figura 3: Comparação das alterações circadianas da flexibilidade entre os gêneros (Figura 3A) e entre os Índices de Atividade Física (Figura 3B). Média \pm DP. Anova de duas vias para medidas repetidas, seguida de *post hoc* de Bonferroni. * $P<0,05$ vs 8 h (tempo); # $P<0,05$ Ativos vs Sedentários (grupos)

ta a tensão nas faces articulares, mas diminui a ligamentar²². Estes efeitos favorecem a maior flexibilidade, o que em parte explica os melhores resultados desta variável ao final do dia (24 h).

As modificações da flexibilidade ao longo do dia ocorrem devido às constantes mudanças biológicas¹⁵, como a diminuição da rigidez muscular que está relacionada ao aumento da temperatura corporal²³. Os resultados deste estudo demonstraram que apesar de a temperatura ambiente diminuir ao final do dia esta não influenciou nas avaliações da temperatura corporal e da flexibilidade.

Os resultados aqui apresentados sugerem que a variação da flexibilidade se estabilizou por volta do meio dia, pois não foram observadas diferenças entre os demais horários. Este fato se deve a maior sensibilidade dos fusos musculares, o que acarreta o aumento da flexibilidade, a qual atinge níveis estáveis entre as 8 h e 12 h¹⁵.

A redução da flexibilidade após as refeições não havia sido relatada na literatura. Acredita-se que isso ocorra em razão dos aumentos de volume abdominal – advindo da distensão estomacal –, e de circulação local²⁴, verificados indiretamente neste estudo, principalmente pelo aumento do peso e da circunferência abdominal após as refeições das 12 e das 20 h, relacionados à quantidade de alimento ingerido. Não foram observadas modificações na reatividade vascular e na temperatura corporal depois das refeições. O aumento do volume estomacal pode desencadear um acréscimo da pressão arterial sistêmica²⁴; entretanto, o reflexo gastrovascular é contrabalanceado pelo barorreflexo, o qual previne aumentos substanciais na pressão sanguínea²⁵.

O duplo produto apresentou seu maior valor às 16 h. Hipertensos apresentam uma variação no duplo produto, sendo o pico encontrado 2 h após o despertar e seu menor valor entre 18 h e 20 h⁴. A divergência nos resultados se deve às diferentes populações avaliadas e ainda aos hábitos de vida em que os indivíduos estão inseridos. Eventos cardíacos analisados em um período de 24 h demonstraram que as variações da reativi-

dade cardiovascular não foram moduladas pelo gênero e pela idade¹¹. Contudo, a pressão arterial sistêmica e o duplo produto aumentam duas horas após acordar e junto com a atividade física podem ser marcadores prognósticos dos desequilíbrios autonômicos e da mortalidade cardiovascular⁴. Entretanto, observou-se que o duplo produto aumentou somente a partir das 16 h. Em adultos saudáveis, o ritmo circadiano modula muitos componentes do controle cardiovascular que incluem a atividade simpática, o cortisol, a modulação cardíaca vagal, a frequência cardíaca, a pressão arterial sistêmica e a agregação plaquetária²⁶. Estes dados encontram-se de acordo com as alterações da reatividade cardiovascular das variáveis analisadas neste estudo.

A flexibilidade não apresentou diferenças entre os gêneros. No entanto, é sugerido que o gênero feminino possui maiores índices desta²⁷, sendo as diferenças devido a fatores hormonais, composição corporal²² e ao tipo de atividade física praticada²⁸. Nesta pesquisa, não se observaram diferenças na flexibilidade entre os gêneros, possivelmente, pelo fato de a amostra avaliada ser pequena. Os resultados sugerem que o gênero masculino apresenta maiores ganhos na flexibilidade logo nas primeiras horas do dia. Persch et al.²² demonstraram que mulheres submetidas a estresse físico (carga de 30% do peso corporal) apresentam uma redução da estatura mais rápida e mais pronunciada que os homens ao longo de duas horas. Salienta-se que o referido estudo foi realizado no início da tarde, momento em que as alterações na estatura do gênero masculino já poderiam ter ocorrido no período da manhã pela ação da gravidade²².

O índice de atividade física influenciou a flexibilidade, e os indivíduos sedentários mostraram-se mais sensíveis às alterações dessa variável nas primeiras horas do dia. A influência de fatores exógenos, como, por exemplo, a quantidade da atividade física realizada, deve ser considerada²³. Acredita-se que os aumentos de força e de hipertrofia, advindas dos exercícios físicos, influenciam negativamente a flexibilidade muscular, porém não foi demonstrada rela-

ção entre a força muscular e a flexibilidade em adultos saudáveis²⁷, e os resultados demonstram que voluntários com baixos índices de atividade física apresentam menor flexibilidade.

Nesta pesquisa, demonstra-se que os voluntários sedentários possuem uma menor flexibilidade, mas apresentam um maior ganho nesta variável no início do dia.

As alterações do componente plástico da flexibilidade, ou seja, modificações permanentes na amplitude de movimento são dependentes da intensidade, do tempo e da frequência com que os exercícios de alongamento são realizados nas práticas de atividade física²⁰. Os sedentários não estimulam estas variáveis. Os menores valores da flexibilidade ao acordar se devem a inatividade advinda do sono, pois a rigidez é maior após um período de descanso²⁹, porém, ao longo do dia, estas alterações são dependentes da intensidade das atividades físicas realizadas durante o período^{20,29}. As alterações na flexibilidade ao longo do dia, possivelmente, se devam as modificações dos componentes elásticos, uma vez que, durante o estudo, não foram realizados exercícios que promovessem a manipulação das variáveis (intensidade, tempo e frequência dos alongamentos) do componente plástico muscular.

As limitações deste estudo compreendem a ausência de uma padronização das atividades de vida diária realizadas pelos voluntários e a ausência do controle quantitativo e qualitativo dos alimentos ingeridos nas refeições.

Conclusão

O ritmo circadiano produz alterações na reatividade cardiovascular e na flexibilidade de adultos. As variáveis cardiovasculares modificaram-se ao longo do dia, em especial aumentaram em relação ao momento basal. A flexibilidade aumentou entre 8 e 12 horas, mantendo-se estável nos demais momentos avaliados, e as refeições (almoço e janta) reduziram a flexibilidade. Os voluntários com baixo índice de atividade física e os homens apresentam maiores

ganhos de flexibilidade nas primeiras horas do dia. Estas alterações podem influenciar os resultados das pesquisas que avaliam tais variáveis, por esse motivo o horário das avaliações deve ser padronizado, pois ao se negligenciar a influência do ritmo circadiano sobre a flexibilidade e a reatividade cardiovascular pode-se incorrer em erros metodológicos que resultem em conclusões inadequadas.

Referências

1. Pereira DS, Tufik S, Pedrazzoli M. Moléculas que marcam o tempo: implicações para os fenótipos circadianos. *Rev Bras Psiquiatr.* 2009;31(1):63-71.
2. Hastings MH, Herzog ED. Clock genes, oscillators, and cellular networks in the suprachiasmatic nuclei. *J Biol Rhythms.* 2004;19(5):400-13.
3. Bernardi F, Harb ABC, Levandovski RM, Hidalgo MP. Transtornos alimentares e padrão circadiano alimentar: uma revisão. *Rev Psiquiatr RS.* 2009;31(3):170-6.
4. Atkinson G, Leary AC, George KP, Murphy MB, Jones H. 24-hour variation in the reactivity of rate-pressure-product to everyday physical activity in patients attending a hypertension clinic. *Chronobiol Int.* 2009;26(5):958-73.
5. Redon J. The normal circadian pattern of blood pressure: implications for treatment. *Int J Clin Pract.* 2004;58 (Suppl 145):S3-8.
6. Shaw E, Tofler GH. Circadian rhythm and cardiovascular disease. *Curr Atherosclerosis Rep.* 2009;11(4):289-95.
7. Atkinson G, Jones H, Ainslie PN. Circadian variation in the circulatory responses to exercise: relevance to the morning peaks in strokes and cardiac events. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(1):15-29.
8. Minati A, Santana MG, Mello MT. A influência dos ritmos circadianos no desempenho físico. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2006;14(1):75-86.
9. Glaner MF. Importância da aptidão física relacionada à saúde. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2003;5(2):75-85.
10. Shephard RJ, Balady GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation.* 1999;99(7):933-72.

11. Kell RT, Bell G, Quinney A. Musculoskeletal fitness, health outcomes and quality of life. *Sports Med.* 2001;12(31):863-73.
12. Bandy W, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscle. *Phys Ther.* 1997;77(10):1090-6.
13. Feland JB, Marin HN. Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Br J Sports Med.* 2004;38(4):E18.
14. Gifford LS. Circadian variation in human flexibility and grip strength. *Aust J Physiother.* 1987;33(1):3-9.
15. Alter MJ. *Ciência da flexibilidade.* 2ªed. Porto Alegre: Artmed; 2001.
16. Wells KF, Dillon EK. The sit and reach: a test of back and leg flexibility. *Research Quarterly for Exercise and Sport Washington.* 1952;23:115-8.
17. Signori LU, Voloski FRS, Kerkhoff AC, Brignoni L, Plentz RDM. Efeito de agentes térmicos aplicados previamente a um programa de alongamentos na flexibilidade dos músculos isquiotibiais encurtados. *Rev Bras Med Esporte.* 2008;14(4):328-31.
18. Sociedade Brasileira de Cardiologia; Sociedade Brasileira de Hipertensão; Sociedade Brasileira de Nefrologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95(Supl. 1):S1-51.
19. Kasari D. Índice de Atividade Física (IAF). Universidade de Montana. *Human Kinetics;* 1976.
20. Dantas EHM. Alongamento e flexionamento. 5ªed. Rio de Janeiro: Shape; 2005.
21. Reilly T, Tyrell A, Troup JD. Circadian variation in human stature. *Chronobiol Int.* 1984;1(2):121-6.
22. Persch LN, Cepeda CPC, Provensi CLG, Rodacki CLN, Rodacki ALF. Influência do gênero sobre a variação da estatura. *Rev Bras Educ Fís Esp.* 2007;21(1):61-8.
23. Atkinson G, Reilly T. Circadian variation in sports performance. *Sports Med.* 1996;21(4):292-312.
24. Hoost U, Kelbaek H, Rasmusen H, Court-Payen M, Christensen NJ, Pedersen-Bjergaard U, et al. Haemodynamic effects of eating: the role of meal composition. *Clin Sci.* 1996;90(4):269-76.
25. Rossi P, Andriessse GI, Oey PL, Wieneke GH, Roelofs JMM, Akkermans LMA. Stomach distension increases efferent muscle sympathetic nerve activity and blood pressure in healthy humans. *J Neurol Sci.* 1998;161(2):148-55.
26. Scheer FAJL, Hu K, Evoniuk H, Kelly EE, Malhotra A, Hilton MF, et al. Impact of the human circadian system, exercise, and their interaction on cardiovascular function. *PNAS.* 2010;107(47): 20541-6.
27. Carvalho ACG, Paula KC, Azevedo TMC, Nóbrega ACL. Relação entre flexibilidade e força muscular em adultos jovens de ambos os sexos. *Rev Bras Med Esporte.* 1998;4(1):1-8.
28. Voisin P, Weissland T, Vanvelcenaher J. Evaluation clinique chez le lombalgique de la flexion lombopelvienne en position debout. *Kinésithérapie scientifique.* 2000;397:31- 35.
29. Kubo K, Kaneshisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structure in vivo. *J Appl Physiol.* 2001;90:520-7.

