

Efeito do exercício aeróbico e resistido no controle autonômico e nas variáveis hemodinâmicas de jovens saudáveis

CDD. 20.ed. 796.022

César Cavinato Cal ABAD^{*/**}
Ricardo Severino da SILVA^{*}
Cristiano MOSTARDA^{**}
Ivana Cinthya de Moraes da SILVA^{**}
Maria Cláudia IRIGOYEN^{**}

*Universidade Bandeirante de São Paulo.
**Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

Resumo

A prática de exercícios aeróbicos e resistidos provoca ajustes agudos e crônicos distintos. Já foram documentadas diferenças hemodinâmicas e musculares entre os exercícios; todavia, quanto aos ajustes autonômicos, os estudos são escassos e controversos. O objetivo deste estudo foi analisar as adaptações hemodinâmicas e autonômicas após uma sessão de exercício aeróbico (30 minutos, bicicleta ergométrica) e resistido (três séries de 12 repetições para os principais grupamentos musculares), em indivíduos jovens e saudáveis. Para tanto, utilizamos medidas da pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), cálculo do duplo produto e análise da variabilidade da FC (VFC) nos domínios do tempo e da frequência e a Plotagem de Poincaré. Neste protocolo, a FC durante o exercício aeróbico foi maior do que no resistido ($153,32 \pm 2,76$ vs. $143,10 \pm 3,38$ bpm, respectivamente). O exercício aeróbico gerou aumento da PA sistólica durante o exercício ($7,25 \pm 1,97$ mmHg). Já o exercício resistido provocou aumento tanto da PA sistólica quanto da diastólica durante sua execução ($14,83 \pm 1,53$; $11,92 \pm 1,69$ mmHg, respectivamente). Não foi observada hipotensão pós-exercício para nenhuma das sessões. Ao comparar o exercício aeróbico com o resistido na fase de recuperação, verificamos diminuição na VFC no resistido nas variáveis: RMSSD ($37,74 \pm 5,30$ vs. $19,50 \pm 2,32$), NN50 ($94,13 \pm 23,65$ vs. $27,63 \pm 6,68$), PNN50 ($16,10 \pm 4,72$ vs. $3,53 \pm 0,89$), SD1 ($26,65 \pm 3,85$ vs. $13,73 \pm 1,66$), SD2 ($88,98 \pm 10,71$ vs. $61,88 \pm 5,49$) e HF ($257,25 \pm 45,08$ vs. $102,75 \pm 18,75$ ms²). Concluiu-se que, para os protocolos investigados, o trabalho cardiovascular durante o exercício foi semelhante, resultando principalmente do aumento da FC no exercício aeróbico e do aumento da PAS no resistido. No período de recuperação, o exercício resistido promoveu maior alteração autonômica, compatível com manutenção do balanço simpátovagal aumentado.

UNITERMOS: Efeito agudo; Exercício aeróbico; Exercício resistido; Variabilidade da frequência cardíaca; Hemodinâmica.

Introdução

O exercício físico pode ser utilizado como uma das ferramentas não-medicamentosas mais acessíveis, menos dispendiosas e eficientes para promoção e manutenção da saúde (KELLEY & KELLEY, 2008). Entre os benefícios de sua prática destacam-se melhorias cardiorrespiratórias (BLAIR & MORRIS, 2009), osteomioarticulares (RACUNICA, TEICHTAHL, WANG, WLUKA, ENGLISH, GILES, O'SULLIVAN & CICUTTINI, 2007), metabólicas (GAESSER, 2007) e psicossociais (TAYLOR-PILIAE, HASKELL, WATERS & FROELICHER, 2006). Contudo, se sua prática for exagerada e/ou descontrolada poderá

acarretar prejuízos ao invés de benefícios (HASKELL, LEE, PATE, POWELL, BLAIR, FRANKLIN, MACERA, HEATH, THOMPSON & BAUMAN, 2007).

Os que buscam uma prática adequada, normalmente, desejam melhoria da saúde ou da estética, objetivos estes que podem ser atingidos através de diferentes programas de treinamento físico, em que geralmente predominam dois tipos de exercícios distintos: o aeróbico, que se caracteriza por movimentos voluntários com ressíntese de ATP dependente de oxigênio, em que o sistema cardiorrespiratório é determinante (HOLLMANN

& HETTINGER, 1983) ou o resistido, exercícios nos quais ocorrem contrações voluntárias da musculatura esquelética de um determinado seguimento corporal contra alguma resistência externa (FLECK & KRAEMER, 2006).

Por terem características mecânicas diferentes, os efeitos agudos produzidos por cada tipo de exercício físico (aeróbicos e resistidos) são distintos e já foram documentados especialmente em relação às variáveis musculares (KRAEMER & RATAMESS, 2004) e hemodinâmicas (BRUM, FORJAZ, TINUCCI & NEGRÃO, 2004).

FORJAZ, MATSUDAIRA, BARRETO, NUNES e NEGRÃO (1998), por exemplo, demonstraram durante o exercício aeróbico que, para uma mesma intensidade absoluta, o aumento da PA não é tão exacerbado, especialmente a pressão diastólica, enquanto que MACDOUGALL, TUXEN, SALE, MOROZ e SUTTON (1985) estudando a resposta da pressão arterial durante o exercício de força, verificaram valores de até 480 mmHg para a pressão sistólica e 350 mmHg para a diastólica.

Como visto, embora as respostas hemodinâmicas estejam documentadas, ainda existe grande escassez de resultados consistentes sobre a influência de cada um destes exercícios no controle autonômico, o qual pode ser obtido pela análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tanto no domínio do tempo quanto da frequência (EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY & NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING

AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996; MIYAI, ARITA, MORIOKA, TAKEDA & MIYASHITA, 2005). JAVORKA, ZILA, BALHÁREK e JAVORKA (2002) verificaram que a VFC, que estava diminuída durante o exercício, aumenta gradativamente após uma sessão de exercício aeróbico, porém não atinge os valores obtidos no basal após 30 minutos de recuperação. Em relação ao exercício resistido, REZK, MARRACHE, TINUCCI, MION JUNIOR e FORJAZ (2006) verificaram que o componente simpático da FC permanece elevado e parassimpático diminuído durante o período de recuperação independentemente da intensidade do exercício (40% ou 80% de uma repetição máxima). No entanto, estudos relacionando alterações autonômicas nos diferentes tipos de exercício ainda são escassos.

Diante do exposto partimos da hipótese que as diferenças hemodinâmicas e musculares encontradas nos diferentes tipos de exercício (aeróbico e resistido) podem refletir alterações no controle autonômico cardíaco tanto durante quanto após o exercício físico.

O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos de uma única sessão de exercício (aeróbico e resistido) nas variáveis hemodinâmicas e no controle autonômico de indivíduos saudáveis durante dois protocolos clássicos de prescrição de exercício, um visando condicionamento cardiorrespiratório e outro de adaptação para hipertrofia.

Materiais e métodos

Foram selecionados indivíduos jovens de 18 a 30 anos conforme os seguintes critérios de inclusão: gênero masculino, saudáveis (sem nenhuma alteração clínica seis meses antecedentes ao início do estudo), fisicamente ativos (com frequência mínima de treinamento de três vezes por semana nos últimos 18 meses antecedentes ao início do estudo), sem limitação para a prática de atividades físicas e não usuários de suplementos alimentares nem ergogênicos. Todos os participantes foram informados dos procedimentos envolvidos no estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos envolvidos no estudo ocorreram em conformidade com a Resolução 196/96 do Ministério da Saúde e foram aprovados pelo comitê de ética local.

Procedimento experimental

Os indivíduos foram recomendados a manterem a rotina de alimentação, descanso e sono durante todas

as fases do procedimento experimental que constou de duas sessões experimentais, realizadas em ordem aleatória por todos os indivíduos. Estas sessões foram compostas por: 1) período basal de 15 minutos; 2) exercício físico (aeróbico ou resistido) e 3) recuperação de 15 minutos pós-exercício. Os sujeitos foram mantidos sentados durante a fase basal e a recuperação. Houve um intervalo de 48 horas entre as sessões experimentais.

Sessões de exercícios

O exercício aeróbico constou de 30 minutos de exercício em bicicleta ergométrica (Moviment®) com FC entre 60 e 70% da frequência cardíaca de reserva (FCres), utilizando-se a fórmula de TANAKA, MONAHAN e SEALS (2001) para estabelecer a FC máxima a ser aplicada no cálculo.

O exercício resistido constou de três séries de 12 repetições a 60% da carga máxima em seis exercícios envolvendo membros superiores e inferiores (“leg

press”, supino reto, puxada pela frente na polia, desenvolvimento de ombro com barra sentado no banco de 90°, rosca direta com barra e extensão de tríceps com corda na polia) realizados pelo método alternado por segmento. Entre as séries foi dado um intervalo de dois minutos e entre os exercícios um intervalo de 1,5 minutos (FLECK & KRAEMER, 2006).

Teste de uma repetição máxima

Para determinação da carga máxima e posterior prescrição e aplicação do exercício foi realizado o teste de uma repetição máxima (1 RM) em cada exercício conforme recomendação de BAECHLE e EARLE (2000). O teste foi precedido por cinco minutos de aquecimento geral (caminhada a 50% da FCres) seguidos de cinco minutos de alongamento dos membros superiores e inferiores. O aquecimento específico constou de uma série de 10 repetições sem carga, uma série de cinco repetições com 50% de 1 RM estimado e uma série de três repetições com 70% de 1 RM estimado. A determinação da carga máxima foi realizada em, no máximo, cinco tentativas com intervalo de três minutos entre cada tentativa. A execução técnica do movimento foi avaliada pelo pesquisador responsável e para que a tentativa fosse considerada válida, os sujeitos tiveram que executar um ciclo completo de movimento com as ações musculares excêntricas e concêntricas.

Para tanto foram utilizados mesa de supino reto; barra de 1,80 m de 12 kg; barra de 1,20 m de 6 kg; aparelho “leg press”; anilhas de 0,5 a 50 kg; banco de 90° e polias, todos da marca Sportin®.

Medidas realizadas

Para caracterização da amostra foram realizadas medidas de massa corporal (balança Filizola® com precisão de 0,1 kg), estatura (fita métrica com precisão de 0,1 cm) e calculou-se o índice de massa corporal.

Durante todos os procedimentos experimentais foram realizadas medidas da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) pelo método auscultatório (Esfigmomanômetro com precisão de 1 mmHg e estetoscópio, ambos da marca Do-It-Yourself)

recomendado pelas V Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO, 2006).

A frequência cardíaca (FC) foi obtida batimento a batimento continuamente pela utilização de cardiofrequencímetro Polar® S810 e após obtenção dos dados os mesmos foram transferidos para microcomputador por “interface infrared” Polar®, processados pelo “software” Polar Precision Performance® (Finlândia), e armazenados em microcomputador para futura análise.

No basal e na recuperação de ambas as sessões, foram realizadas medidas de PA nos momentos 5°, 10° e 15° minutos. Durante o exercício aeróbico, a PA foi medida do 5° ao 30° minutos, em intervalos de cinco minutos. Foi calculada a média dos valores obtidos para cada fase da sessão e seus respectivos deltas, cujos valores foram utilizados para análise estatística. Para o exercício resistido, as medidas de PA foram realizadas imediatamente após a execução da última repetição da última série de cada exercício, conforme recomendação de POLITO e FARINATTI (2003).

Para efeito de identificação do trabalho cardíaco calculou-se o produto entre a PAS medida ao final de cada período e a FC, definido como duplo produto (DP).

Análise da variabilidade da frequência cardíaca

A VFC foi obtida no domínio do tempo e da frequência por uma rotina pré-elaborada no MATLAB 6.0®, Mathworks, Inc. (SOARES, DA NÓBREGA, USHIZIMA & IRIGOYEN, 2004) e a plotagem de Poincaré foi obtida a partir do SD1 e SD2, ambos calculados pelo programa HRV “analysis” (NISKANEN, TARVAI-NEN, RANTA-AHO & KARJALAINEN, 2004). Contudo, a análise foi realizada somente nos momentos basal e recuperação, pois no exercício resistido a falta de estacionaridade do sinal impede análise adequada e impossibilita comparações com o exercício aeróbico (EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY & NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996). As variáveis de VFC e seus respectivos significados encontram-se no QUADRO 1.

QUADRO 1-Definição conceitual, abreviações e unidades de medidas dos respectivos índices da variabilidade da frequência cardíaca obtidos pelo domínio do tempo e pelo domínio da frequência.

Domínios	Variável	Significado
Tempo	iRR (ms)	Média dos intervalos entre os batimentos.
	SD (ms)	Desvio padrão de todos iRR normais.
	NN50 (ms)	Número de iRR normais que diferem mais do que 50 ms do seu adjacente.
	PNN50 (ms)	Percentual de iRR normais que diferem mais do que 50 ms do seu adjacente.
	RMSSD (ms)	Raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre iRR normais adjacentes ao quadrado.
	SD1 (ms)	Variabilidade dos iRR de uma série de batimentos selecionada.
	SD2 (ms)	Variabilidade instantânea dos iRR entre batimentos sucessivos.
Frequência	LF (ms ² ou %)	Ondas de Mayer entre 0,04 a 0,15 Hz e reflete a modulação simpática.
	HF (ms ² ou %)	Ondas de Hering entre 0,15 a 0,4 Hz e corresponde a modulação vagal.
	LF/HF	É o balanço simpato-vagal e quantifica a predominância dos componentes.

Tratamento estatístico

Para análise descritiva utilizou-se média e desvio-padrão de cada fase da sessão experimental (basal, exercício e recuperação) e para comparações de

médias foi empregada a Anova “two-way” seguida de “post-hoc” de Tukey. Para todas as variáveis foi adotado como significante $p < 0,05$.

Resultados

Participaram do estudo 10 indivíduos saudáveis com média de idade igual a $23,4 \pm 3,8$ anos; $82,6 \pm 12,5$ kg de massa corpórea; $1,81 \pm 0,07$ m de estatura e IMC de $25,3 \pm 2,8$ kg/m².

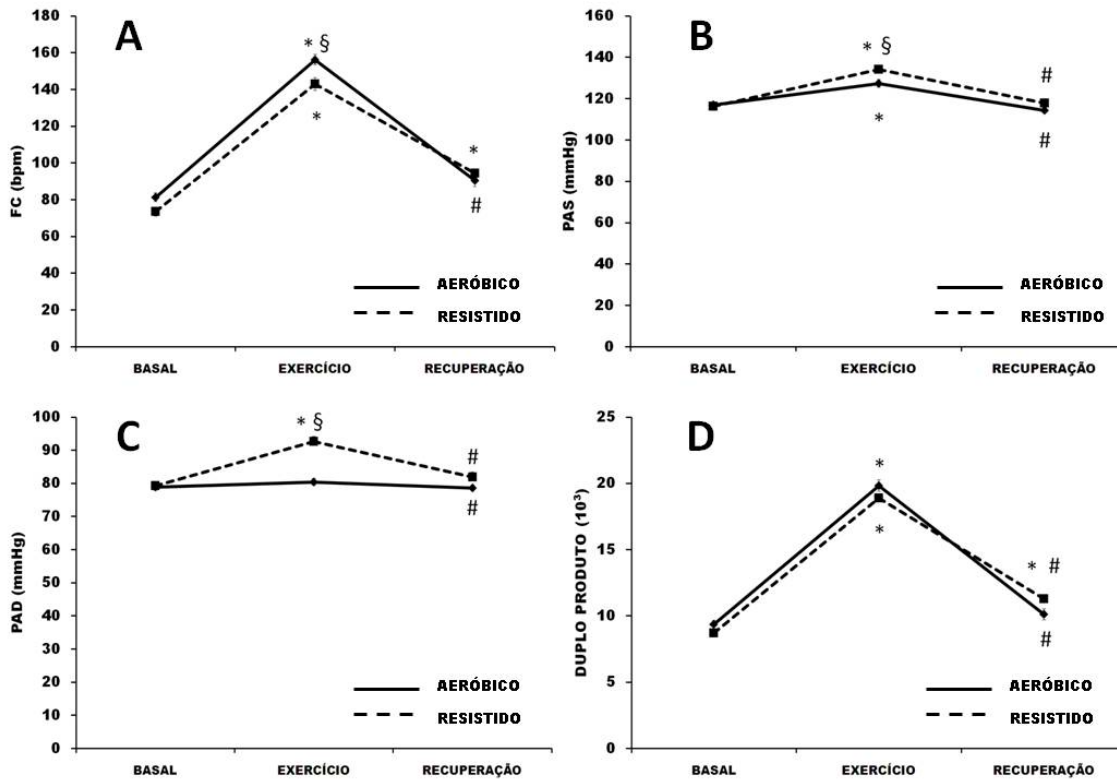
Hemodinâmica

Durante o período basal, ao comparar os diferentes tipos de exercícios (aeróbico e resistido) não foram encontradas diferenças significativas para a FC (FIGURA 1A). A FC aumentou durante a fase de exercício tanto na sessão aeróbia quanto do resistido quando comparado às respectivas fases basais. No entanto, este aumento durante o exercício foi maior no aeróbico do que no resistido. Ao compararmos a fase de recuperação com a basal, observamos que apenas no exercício resistido a FC mostrou-se aumentada. No exercício aeróbico, a fase de recuperação foi diferente apenas da fase de exercício.

Também observamos que não houve diferença para os valores de PAS e PAD no basal entre ambos

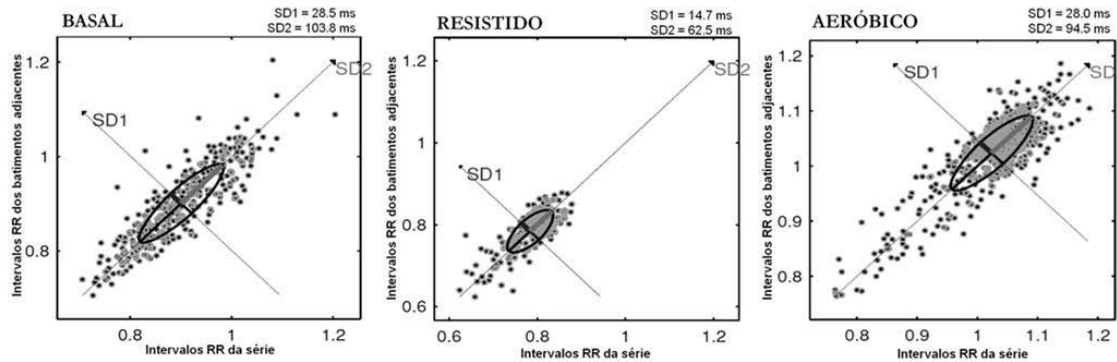
os exercícios (FIGURA 1B e 1C). Houve aumento apenas da PAS durante o exercício aeróbico quando comparado a sua respectiva fase basal (FIGURA 1B). Já a PAD não apresentou alteração em nenhuma das fases do exercício aeróbico (FIGURA 1C). O exercício resistido, por sua vez, provocou aumento da PAS e PAD na fase de exercício quando comparada ao basal e este aumento, tanto de PAS quanto de PAD foi maior do que no aeróbico. Não foi observada hipotensão pós-exercício em ambas as sessões uma vez que os valores de pressão arterial na fase de recuperação, embora menores do que na fase de exercício foram semelhantes aos seus respectivos basais.

Na FIGURA 1D, observamos que o duplo produto aumentou significativamente em ambos os exercícios quando comparados as suas respectivas fases basais. Os valores de DP na recuperação de ambos os exercícios foram maiores do que nos respectivos períodos basais. Não houve diferença no duplo produto quando comparamos um exercício com o outro.



* diferente da fase basal da respectiva sessão ($p \leq 0,05$);
 # diferente da fase de exercício da respectiva sessão ($p \leq 0,05$);
 § diferença entre as sessões na mesma fase do protocolo ($p \leq 0,05$).
 FC = Frequência Cardíaca;
 PAS = Pressão Arterial Sistólica;
 PAD = Pressão Arterial Diastólica;
 DP = Duplo Produto;
 Linha cheia = Aeróbico;
 Linha tracejada = Resistido.

FIGURA 1 - Valores médios e erros padrão da Frequência Cardíaca (A); Pressão Arterial Sistólica (B); Pressão Arterial Diastólica (C) e Duplo Produto (D) durante os períodos basal, de execução das sessões do exercício e durante a recuperação.



SD1= variabilidade dos intervalos R-R de uma série de batimentos selecionada;
 SD2 = variabilidade instantânea dos intervalos RR entre batimentos sucessivos).

FIGURA 2 - Plotagem de Poincaré de um dos sujeitos da amostra durante o período basal e durante as sessões de exercício aeróbico e resistido.

Variabilidade da frequência cardíaca

Os resultados da VFC no domínio do tempo e da frequência encontram-se na TABELA 1. A FIGURA 2 corresponde à análise da Plotagem de Poincaré de um mesmo indivíduo, nas diferentes condições do protocolo (basal, resistido e aeróbico).

Os índices de VFC no domínio do tempo não se modificaram quando comparados o período basal com o de recuperação no exercício aeróbico, mas alguns destes índices (SD, RMSSD, SD1 e SD2)

diminuíram significativamente na recuperação do exercício resistido, de modo que os valores do RMSSD, NN50, PNN50, SD1 e SD2 no período de recuperação foram maiores no exercício aeróbico do que no resistido.

Considerando-se as variáveis no domínio da frequência, após os dois tipos de exercício, o LF normalizado e a razão LF/HF aumentaram significativamente, enquanto que o HF normalizado diminuiu no período de recuperação quando comparado ao basal.

* diferente da fase basal da respectiva sessão (p ≤ 0,05);

§ diferença entre as sessões na mesma fase (p ≤ 0,05);

EP = erro padrão.

SD (ms) = desvio padrão de todos intervalos R-R normais;

RMSSD = raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos R-R normais adjacentes elevados à potência dois;

NN50 (ms) = número de intervalos R-R normais que diferem mais do que 50 ms de seu adjacente;

PNN50 (ms) = percentual de intervalos R-R normais que diferem mais do que 50 ms de seu adjacente;

SD1 = variabilidade dos intervalos R-R normais de uma série de batimentos selecionada;

SD2 = variabilidade instantânea dos intervalos R-R normais entre batimentos sucessivos;

LF (ms² ou %) = ondas de Mayer entre 0,04 a 0,15 Hz que refletem a modulação simpática;

HF (ms² ou %) = ondas de Hering entre 0,15 a 0,4 Hz que correspondem à modulação vagal;

LF/HF = balanço simpato-vagal que quantifica a predominância dos componentes autonômicos simpático ou parassimpático.

TABELA 1 - Médias e erros padrão das variáveis de medidas da variabilidade da frequência cardíaca realizadas pelo domínio do tempo e pelo domínio da frequência nas fases basal e recuperação das sessões de exercício aeróbico e resistido.

	AERÓBICO				RESISTIDO			
	BASAL		RECUPERAÇÃO		BASAL		RECUPERAÇÃO	
	MÉDIA	EP	MÉDIA	EP	MÉDIA	EP	MÉDIA	EP
SD (ms)	70,75	± 7,59	66,00	± 8,01	69,47	± 2,44	45,25	± 4,09*
RMSSD (ms)	40,31	± 6,52	37,74	± 5,30	38,43	± 3,01	19,50	± 2,32*§
NN50 (ms)	81,88	± 14,50	94,13	± 23,65	74,19	± 8,43	27,63	± 6,68§
PNN50 (ms)	14,99	± 3,38	16,10	± 4,72	13,58	± 1,62	3,53	± 0,89§
SD1 (ms)	28,43	± 4,68	26,65	± 3,85	27,07	± 2,17	13,73	± 1,66*§
SD2 (ms)	95,78	± 10,10	88,98	± 10,71	94,41	± 3,05	61,88	± 5,49*§
PWT (ms ²)	5906,25	± 1400,30	4916,75	± 1242,28	5677,46	± 447,09	2194,00	± 388,90
LF (ms ²)	775,56	± 142,02	1278,75	± 415,81	728,68	± 76,71	689,50	± 147,55
HF (ms ²)	396,63	± 121,48	257,25	± 45,08	353,18	± 56,88	102,75	± 18,75*§
%LF	71,01	± 2,02	79,70	± 2,49 *	71,85	± 0,92	85,92	± 1,37*
%HF	28,99	± 2,02	20,30	± 2,50 *	28,15	± 0,92	14,08	± 1,37*
LF/HF	2,80	± 0,33	4,72	± 0,77 *	2,80	± 0,18	6,72	± 0,75*

Discussão

O principal achado do presente trabalho foi verificar que os efeitos no controle autonômico cardíaco e nos parâmetros hemodinâmicos proporcionados pelos exercícios aeróbico e resistido são diferentes. Embora a comparação entre ambos no presente trabalho não pareça ideal num primeiro momento, devido às diferenças que caracterizam cada um dos exercícios, vale ressaltar que demonstrar a comparação entre dois protocolos de exercício de uso regular na prática das academias pode trazer informações muito relevantes para a adequação destes protocolos.

Os resultados obtidos com a FC durante o exercício estão de acordo com outros achados na literatura (BORRESEN & LAMBERT, 2008; FORJAZ & TINUCCI, 2000; POLITO & FARINATTI, 2006). O comportamento da FC durante a execução do exercício depende do tipo, da intensidade e do tempo de execução. No início, a elevação da FC ocorre graças a uma rápida retirada vagal. No exercício resistido, ao longo da contração isométrica, o aumento da FC se torna mais evidente por uma contribuição simpática (IELLAMO, LEGRAMANTE, RAIMONDI & PERUZZI, 1997).

Por sua vez, no exercício aeróbico, ocorre uma vasodilatação generalizada, diminuindo a resistência vascular periférica, o que explica a manutenção da PAD (FORJAZ & TINUCCI, 2000). Porém, também

ocorre aumento da atividade nervosa simpática por excitação dos mecano e metaborreceptores musculares, contribuindo para o aumento da FC, do débito cardíaco e da PAS (BRUM et al., 2004; FORJAZ & TINUCCI, 2000).

Os valores de PA durante a execução do exercício resistido foram maiores do que aqueles encontrados para o exercício aeróbico no protocolo adotado. Devido às contrações musculares isométricas do exercício de força, ocorre obstrução do fluxo sanguíneo muscular, gerando aumento importante da resistência periférica total (POLITO & FARINATTI, 2006). Além disso, esta limitação à circulação sanguínea faz com que metabólitos sejam acumulados, ativando os quimiorreceptores, que por sua vez estimularão o sistema nervoso para o aumento da atividade simpática (UMPIERRE & STEIN, 2007).

Não observamos hipotensão pós-exercício em nenhum dos dois protocolos executados. A hipotensão pós-exercício é bastante relatada na literatura, tanto após o aeróbico (DUJI, IVANCEV, VALIC, BAKOVIC, MARINOVIC-TERZI, ETEROVI & WISLÖFF, 2006; KENNEY & SEALS, 1993) quanto após o resistido (REZK et al., 2006). Os mecanismos responsáveis por esta diminuição ainda são controversos, sendo atribuídos em grande parte das vezes à redução

da RVP (HALLIWILL, 2001; PESCATELLO, GUIDRY, BLANCHARD, KERR, TAYLOR, JOHNSON, MARESH, RODRIGUEZ & THOMPSON, 2004) mas em outros estudos verificou-se a redução do DC (BRANDÃO RONDON, ALVES, BRAGA, TEIXEIRA, BARRETTO, KRIEGER & NEGRÃO, 2002; DUJIC et al., 2006).

No presente estudo, não avaliamos outras variáveis que nos permitam afirmar se estes ou outros mecanismos estariam envolvidos na ausência de hipotensão encontrada. Apesar disso, poderíamos especular que 15 minutos de recuperação não foram suficientes para observarmos esta hipotensão, uma vez que, no trabalho de DUJI et. al., (2006), a hipotensão observada foi em até 60 minutos.

Quanto ao DP, embora o trabalho cardiovascular tenha sido igual em ambos os exercícios, no exercício aeróbico a grande responsável pelo aumento do DP foi a FC, enquanto que no exercício resistido foi a PAS.

Quanto ao controle autonômico, o comportamento observado corrobora com os achados de outros estudos também em indivíduos saudáveis (TULPPO, MAKIKALIO, TAHALA, SEPPANEN, HUIKURI, 1996; YAMAMOTO, HUGHSON & PETERSON, 1991) e em portadores de diferentes patologias (KHANDOKER, JELINEK & PALANISWAMI, 2009; LERMA, INFANTE, PÉREZ-GROVAS & JOSÉ, 2003) os quais constataram que a diminuição da VFC constitui importante fator prognóstico para eventos cardíacos em indivíduos saudáveis, podendo esta ser utilizada como fator de estratificação de risco autonômico cardiovascular (TSUJI, LARSON & VENDITTI, 1996).

Com os achados sobre o comportamento dos componentes da VFC descritos até aqui, verifica-se que o exercício resistido proporcionou aumento do balanço simpato-vagal (LF/HF) em relação à fase basal o que indicaria, nestas condições, predominância na modulação simpática em relação à modulação vagal. Vale ressaltar que o exercício aeróbico também proporcionou aumento do balanço simpato-vagal, provavelmente porque o tempo de 15 minutos não foi suficiente para a recuperação total desse parâmetro.

NIEMELÄ, KIVINIEMI, HAUTALA, SALMI, LINNAMO e TULPPO (2008) relataram maior demora para a recuperação da sensibilidade barorreflexa após exercício

resistido quando comparado ao aeróbico, o que certamente representa uma contribuição importante para o desbalanço autonômico encontrado. Como a atividade vagal está limitada e com o avanço da execução das sessões há maiores incrementos da atividade simpática, ambos atuam para o desbalanço autonômico.

Algumas limitações estão presentes neste estudo, como a ausência de uma sessão controle (em que os indivíduos não realizariam nenhum dos exercícios) e o fato de os resultados estarem limitados às características deste protocolo. Além disso, a medida da PA foi realizada de forma indireta, subestimando o real incremento da PA no exercício resistido. Entretanto, tais limitações não desqualificam as conclusões, sendo que a principal colaboração deste estudo para as Ciências do Exercício é o fato de termos investigado tais alterações comparando dois treinos clássicos comumente empregados nas academias para alunos iniciantes, ou seja, com caráter adaptativo a um programa de treinamento físico aeróbico ou para hipertrofia.

Dessa forma demonstramos que desde o início da prática, o aluno já está sujeito às alterações decorrentes da especificidade do treino. É importante ressaltar também que, embora o exercício resistido tenha demonstrado desbalanço autonômico com diminuição vagal e predomínio simpático, este tipo de treinamento propicia adaptações musculares benéficas e importantes para a qualidade de vida do indivíduo, inclusive para um bom desempenho no exercício aeróbico (FEIGENBAUM & POLLOCK, 1999).

Diante deste contexto, destacamos a possibilidade da avaliação do perfil autonômico dos indivíduos ao iniciarem um programa de treinamento físico, uma vez que os dados da modulação autonômica podem servir como aliados à prescrição e acompanhamento do treinamento físico (KIVINIEMI, HAUTALA, KINNUNEN & TULPPO, 2007).

Concluiu-se que, para os protocolos investigados, o trabalho cardiovascular durante o exercício foi semelhante, resultando principalmente do aumento da FC no exercício aeróbico e do aumento da PAS no resistido. No período de recuperação, o exercício resistido promoveu maior alteração autonômica, compatível com manutenção do balanço simpato-vagal aumentado.

Abstract

Effect of resistance and aerobic exercise on the autonomic control and hemodynamic variables in health young individuals

The practice of aerobic and resistance exercises provokes distinct acute and chronic adjustments. Hemodynamic and muscular differences between both exercises have been already documented; nevertheless, regarding the autonomic adjustments, there are few and controversial studies. Therefore, the aim of this study was to analyze the hemodynamic and autonomic adaptations after one bout of aerobic exercise (30 minutes, ergometric bicycle) and resistance exercise (three series of 12 repetitions to the main muscle groups), in young and healthy individuals. For this purpose, blood pressure (BP) and heart rate (HR) were measured, as well as the calculation of the double product and analysis of heart rate variability in time and frequency domains and by Poincaré's Plot. In this protocol, HR during the aerobic exercise was higher than in the resistance exercise (153.32 ± 2.76 vs. 143.10 ± 3.38 bpm, respectively). Aerobic exercise caused an increase in systolic BP during the exercise (7.25 ± 1.52 mmHg) whereas resistance exercise provoked an increase in both, systolic and diastolic BP during its execution (14.83 ± 1.53 ; 11.92 ± 1.69 mmHg, respectively). Post-exercise hypotension was not observed after none of the exercise sessions. When comparing aerobic exercise with resistance exercise in the recovery phase, it was verified a decrease in HR variability in the resistance session for the following variables: RMMSD (37.74 ± 5.30 vs. 19.50 ± 2.32), NN50 (94.13 ± 23.65 vs. 27.63 ± 6.68), PNN50 (16.10 ± 4.72 vs. 3.53 ± 0.89), SD1 (26.65 ± 3.85 vs. 13.73 ± 1.66), SD2 (88.98 ± 10.71 vs. 61.88 ± 5.49) e HF (257.25 ± 45.08 vs. 102.75 ± 18.75 ms²). In conclusion, in the investigated protocol, the cardiovascular work during the exercise sessions was similar, due to HR increase in the aerobic exercise and of systolic BP increase in the resistance exercise. In the recovery phase, resistance exercise promoted enhanced autonomic alteration, compatible with the maintenance of an increased sympatho-vagal balance.

UNITERMS: Acute exercise, aerobic exercise, resistance exercise, heart rate variability, hemodynamics.

Referências

- BAECHLE, T.R.; EARLE, R.W. **Essentials of strength training and conditioning**. Champaign: Human Kinetics, 2000.
- BLAIR, S.N.; MORRIS, J.N. Healthy hearts and the universal benefits of being physically active: physical activity and health. **Annals of Epidemiology**, New York, v.19, n.4, p.253-6, 2009.
- BORRESEN, J.; LAMBERT, M.I. Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status. **Sports Medicine**, Auckland, v.38, n.8, p.633-46, 2008.
- BRANDÃO RONDON, M.U.; ALVES, M.J.; BRAGA, A.M.; TEIXEIRA, O.T.; BARRETTO, A.C.; KRIEGER, E.M.; NEGRÃO, C.E. Postexercise blood pressure reduction in elderly hypertensive patients. **Journal of the American College of Cardiology**, New York, v.39, n.4, p.676-82, 2002.
- BRUM, P.C.; FORJAZ, C.L.M.; TINUCCI, T.; NEGRÃO, C.E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.18, p.21-31, 2004.
- DUJI, Z.; IVANCEV, V.; VALIC, Z.; BAKOVIC, D.; MARINOVI-TERZI, I.; ETEROVI, D.; WISLØFF, U. Postexercise hypotension in moderately trained athletes after maximal exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.38, n.2, p.318-22, 2006.
- EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY; NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **European Heart Journal**, London, v.17, n.3, p.354-81, 1996.
- FEIGENBAUM, M.S.; POLLOCK, M.L. Prescription of resistance training for health and disease. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, n.1, p.38-45, 1999.
- FLECK, S.; KRAEMER, W. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3.ed. São Paulo: Artmed, 2006.

- FORJAZ, C.L.M.; MATSUDAIRA, Y.; BARRETO, F.R.; NUNES, N.; NEGRÃO, C.E. Low intensity exercise reduces post-exercise rate pressure product in humans. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.31, p.1247-55, 1998.
- FORJAZ, C.L.M.; TINUCCI, T. A medida da pressão arterial no exercício. **Revista Brasileira de Hipertensão**, Ribeirão Preto, v.7, n.1, p.79-87, 2000.
- GAESSER, G.A. Exercise for prevention and treatment of cardiovascular disease, type 2 diabetes, and metabolic syndrome. **Current Diabetes Reports**, Philadelphia, v.7, n.1, p.14-9, 2007.
- HALLIWILL, J.R. Mechanisms and clinical implications of post-exercise hypotension in humans. **Exercise and Sport Science Reviews**, Baltimore, v.29, n.2, p.65-70, 2001.
- HASKELL, W.L.; LEE, I.M.; PATE, R.R.; POWELL, K.E.; BLAIR, S.N.; FRANKLIN, B.A.; MACERA, C.A.; HEALTH, G.W.; THOMPSON, P.D.; BAUMAN, A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.39, n.8, p.1423-34, 2007.
- HOLLMANN, W.; HETTINGER, T.H. **Medicina do esporte**. São Paulo: Manole, 1983.
- IELLAMO, F.; LEGRAMANTE, J.M.; RAIMONDI, G.; PERUZZI, G. Baroreflex control of sinus node during dynamic exercise in humans: effects of central command and muscle reflexes. **American Journal Physiology**, Washington, v.272, n.3, pt. 2, p.H1157-64, 1997.
- JAVORKA, M.; ZILA, I.; BALHÁREK, T.; JAVORKA, K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. **Brazilian Journal of Medicine and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.35, n.8, p.991-1000, 2002.
- KELLEY, G.A.; KELLEY, K.S. Efficacy of aerobic exercise on coronary heart disease risk factors. **Preventive Cardiology**, Greenwich, v.11, n.2, p.71-5, 2008.
- KENNEY, M.J.; SEALS, D.R. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. **Hypertension**, Dallas, v.22, p.653-64, 1993.
- KHANDOKER, A.H.; JELINEK, H.F.; PALANISWAMI, M. Identifying diabetic patients with cardiac autonomic neuropathy by heart rate complexity analysis. **Biomedical Engineering Online**, London, v.29, n.8, p.3, 2009.
- KIVINIEMI, A.M.; HAUTALA, A.J.; KINNUNEN, H.; TULPPO, M.P. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.101, n.6, p.743-51, 2007.
- KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.36, n.4, p.674-88, 2004.
- LERMA, C.; INFANTE, O.; PÉREZ-GROVAS, H.; JOSÉ, M.V. Poincaré plot indexes of heart rate variability capture dynamic adaptations after haemodialysis in chronic renal failure patients. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Oxford, v.23, n.2, p.72-80, 2003.
- MacDOUGALL, J.D.; TUXEN, D.; SALE, D.G.; MOROZ, J.R.; SUTTON, J.R. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.58, p.785-90, 1985.
- MIYAI, N.; ARITA, M.; MORIOKA, I.; TAKEDA, S.; MIYASHITA, K. Ambulatory blood pressure, sympathetic activity, and left ventricular structure and function in middle-aged normotensive men with exaggerated blood pressure response to exercise. **Medical Science Monitor**, Warsaw, v.11, n.10, p.CR478-484, 2005.
- NIEMELÄ, T.H.; KIVINIEMI, A.M.; HAUTALA, A.J.; SALMI, J.A.; LINNAMO, V.; TULPPO, M.P. Recovery pattern of baroreflex sensitivity after exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.40, n.5, p.864-70, 2008.
- NISKANEN, J.P.; TARVAINEN, M.P.; RANTA-AHO, P.O.; KARJALAINEN, P.A. Software for advanced HRV analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, Amsterdam, v.76, n.1, p.73-81, 2004.
- PESCATELLO, L.S.; GUIDRY, M.A.; BLANCHARD, B.E.; KERR, A.; TAYLOR, A.L.; JOHNSON, A.N.; MARESH, C.M.; RODRIGUEZ, N.; THOMPSON, P.D. Exercise intensity alters postexercise hypotension. **Journal of Hypertension**, London, v.22, n.10, p.1881-8, 2004.
- POLITO, M.D.; FARINATTI, P.T.V. Considerações sobre a medida da pressão arterial em exercícios contra-resistência. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.9, n.1, p.1-9, 2003.
- _____. Comportamento da pressão arterial após exercícios contra-resistência: uma revisão sistemática sobre variáveis determinantes e possíveis mecanismos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.12, n.6, p.386-92, 2006.
- RACUNICA, T.L.; TEICHTAHL, A.J.; WANG, Y.; WLUKA, A.E.; ENGLISH, D.R.; GILES, G.G.; O'SULLIVAN, R.; CICUTTINI, F.M. Effect of physical activity on articular knee joint structures in community-based adults. **Arthritis and Rheumatism**, Atlanta, v.57, n.7, p.1261-8, 2007.
- REZK, C.C.; MARRACHE, R.C.; TINUCCI, T.; MION JUNIOR, D.; FORJAZ, C.L. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.98, p.105-12, 2006.

- SOARES, P.P.; DA NÓBREGA, A.C.; USHIZIMA, M.R.; IRIGOYEN, M.C. Cholinergic stimulation with pyridostigmine increases heart rate variability and baroreflex sensitivity in rats. **Autonomic Neuroscience**, Amsterdam, v.30, n.13, p.24-31, 2004.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO. **V Diretrizes brasileiras de hipertensão arterial**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Hipertensão. 2006.
- TANAKA, H.; MONAHAN, K.D.; SEALS, D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, New York, v.37, p.153-6, 2001.
- TAYLOR-PILIAE, R.E.; HASKELL, W.L.; WATERS, C.M.; FROELICHER, E.S. Change in perceived psychosocial status following a 12-week Tai Chi exercise programme. **Journal of Advanced Nursing**, Oxford, v.54, n.3, p.313-29, 2006.
- TSUJI, H.; LARSON, M.G.; VENDITTI, F.J. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. **Circulation**, Dallas, v.94, p.2850-5, 1996.
- TULPPO, M.P.; MAKIKALIO, T.H.; TAHALA, T.E.; SEPPANEN, T.; HUIKURI HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **American Journal Physiology**, Washington, v.271, n.40 p.H244-52, 1996.
- UMPIERRE, D.; STEIN, R. Hemodynamic and vascular effects of resistance training: implications for cardiovascular disease. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v.89, n.4, p.256-62, 2007.
- YAMAMOTO, Y.; HUGHSON, R.L.; PETERSON, J.C. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.71, n.3, p.1136-42, 1991.

ENDEREÇO

César Cavinato Cal Abad
Divisão de Experimentação Animal e Apoio à Pesquisa
Instituto do Coração
Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44
05403-900 - São Paulo - SP - BRASIL
e-mail: cavinato@usp.br

Recebido para publicação: 04/09/2009

1a. Revisão: 16/03/2010

2a. Revisão: 06/05/2010

3a. Revisão: 27/05/2010

Aceito: 14/06/2010