

The influence of resistance exercise with emphasis on specific contractions (concentric vs. eccentric) on muscle strength and post-exercise autonomic modulation: a randomized clinical trial

Influência de exercício resistido com ênfase em contrações específicas (concêntrica vs excêntrica) sobre a força muscular e a modulação autonômica pós-esforço: ensaio clínico randomizado

Mariana O. Gois¹, Fernanda A. S. Campoy¹, Thâmara Alves¹,
Roseana P. Ávila¹, Luiz C. M. Vanderlei², Carlos M. Pastre¹

ABSTRACT | Background: Compared to eccentric contractions, concentric contractions result in higher cardiovascular stress. However, we do not know how these two types of contractions influence cardiac autonomic modulation during the post-exercise recovery period. **Objective:** to compare the effect of resistance training that is performed with concentric vs. eccentric emphasis on muscle strength and on post-exercise recovery which was assessed by examining heart rate variability (HRV), for the knee extensor muscle group in young healthy adults. **Method:** For this study, 105 men between 18 and 30 years of age were randomized into 4 groups: concentric control (CONCC), eccentric control (ECCC), concentric training (CONCT) and eccentric training (ECCT). The CONCC and ECCC groups underwent one session of resistance exercise (RE) using the knee extensor muscle group (3 sets of 1 repetition at 100% of the maximal repetition [1MR]) and the CONCT and ECCT groups performed 10 training sessions. The HRV was analyzed at baseline and across four recovery periods (T1, T2, T3 and T4). **Results:** The ECCT group exhibited increased muscle strength at the end of the study. Regarding cardiac autonomic modulation, the CONCC and ECCC groups exhibited increases in overall variability (SDNN and SD2) at T1 compared to baseline, and the ECCT group demonstrated increases in variables reflecting vagal modulation and the recovery process (RMSSD, SD1 and HF [ms²]) at T1, T2 and T4 compared to baseline. **Conclusions:** Resistance training with emphasis on eccentric contractions promoted strength gain and an increase in cardiac vagal modulation during recovery compared to baseline.

Keywords: cardiovascular recovery; resistance training; autonomic nervous system; muscle strength; physical therapy. Clinical trial number: RBR-75scwh (recorded in Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos – REBEC).

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Gois MO, Campoy FAS, Alves T, Ávila RP, Vanderlei LCM, Pastre CM. The influence of resistance exercise with emphasis on specific contractions (concentric vs. eccentric) on muscle strength and post-exercise autonomic modulation: a randomized clinical trial. *Braz J Phys Ther.* 2014 Jan-Feb; 18(1):30-37. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552012005000141>

RESUMO | Contextualização: Ações concêntricas apresentam maior estresse cardiovascular quando comparadas às excêntricas. Entretanto, não se sabe a influência desses tipos de ações no comportamento da modulação autonômica cardíaca durante o processo de recuperação pós-esforço. **Objetivo:** Comparar o efeito de um treinamento resistido para o grupo extensor do joelho realizado com ênfase concêntrica vs excêntrica sobre a força muscular e a recuperação pós-exercício considerando índices de variabilidade de frequência cardíaca (VFC) em jovens saudáveis. **Método:** Cento e cinco homens, com idades entre 18 e 30 anos, foram randomizados em quatro grupos: controle concêntrico (CCONC), controle excêntrico (CEXC), treinamento concêntrico (TCONC) e treinamento excêntrico (TEXC). Os grupos CCONC e CEXC realizaram uma sessão de exercício reduzido (ER) para o grupo extensor do joelho [três séries de uma repetição a 100% de uma repetição máxima (1RM)], e os grupos TCONC e TEXC realizaram dez sessões de treinamento. A VFC foi analisada no momento basal e na recuperação após as sessões (T1, T2, T3 e T4). **Resultados:** Observou-se aumento da força muscular para o grupo TEXC. Em relação à modulação autonômica cardíaca, observou-se, em comparação ao momento basal, aumento dos índices SDNN e SD2 no momento T1 nos grupos CCONC e CEXC e aumento dos índices RMSSD, SD1 e AF (ms²) nos momentos T1, T2 e T4 no grupo TEXC. **Conclusões:** Conclui-se que o treinamento resistido realizado com ênfase em contrações excêntricas promoveu ganho de força e aumento da modulação vagal cardíaca durante o processo de recuperação em relação à condição basal.

Palavras-chave: recuperação cardiovascular; treinamento resistido; sistema nervoso autônomo; força muscular; fisioterapia. Registro de ensaio clínico: RBR-75scwh (registrado em Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos – REBEC).

¹Laboratório de Fisioterapia Desportiva (LAFIDE), Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Presidente Prudente, SP, Brasil

²Laboratório de Fisiologia do Estresse, Departamento de Fisioterapia, UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil

Received: 12/19/2012 Revised: 06/13/2013 Accepted: 09/27/2013

● Introdução

A realização de exercícios localizados com ênfase em contrações concêntricas ou excêntricas tem sido efetuada com destaque para desfechos como ganho de força, adaptação cardiovascular e indução de dano tecidual¹⁻⁴.

Sobre efeitos, o cenário atual mostra que o exercício resistido (ER) excêntrico tem vantagens sobre o concêntrico em relação ao gasto de ATP, concentrações de lactato e produção de força muscular¹. Por outro lado, durante o ER concêntrico, observam-se maiores valores de frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA) devido à maior ativação de unidades motoras, o que resulta em maior estresse cardiovascular quando comparado à contração excêntrica, que produz menor ativação motora para equivalente produção de força devido à estimulação de componentes elásticos presentes nas unidades músculo-tendão⁵⁻⁸.

A partir do descrito, as ações musculares concêntricas ou excêntricas parecem influenciar as respostas clínicas e funcionais, sobretudo o comportamento do sistema nervoso autônomo (SNA) cardíaco. Considerando essa influência, outro desfecho merece atenção: a recuperação pós-esforço. O controle dessa condição pode não só prevenir risco de efeitos deletérios do exercício físico como garantir prescrições mais adequadas. Estudos⁹⁻¹¹ apontam que, durante o processo de recuperação após ER, ocorre predominância da modulação autonômica simpática e redução da parassimpática, o que pode estar relacionado com o aumento do risco cardiovascular⁹⁻¹².

Apesar da importância do processo de recuperação pós-esforço, verificou-se, a partir do levantamento bibliográfico realizado, que estudos que avaliem a modulação autonômica cardíaca após exercícios com ênfase em contrações concêntricas e excêntricas são desconhecidos. Dessa forma, observar a relação de ganho de força muscular e custo na recuperação pós-esforço parece pertinente. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito de um treinamento resistido para o grupo extensor do joelho realizado com ênfase concêntrica vs excêntrica sobre a força muscular e a recuperação pós-exercício considerando a modulação autonômica cardíaca em jovens saudáveis.

● Método

População de estudo e critérios de elegibilidade

Para realização deste estudo, foram analisados dados de 105 homens, aparentemente saudáveis,

classificados como fisicamente ativos por meio do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)¹³, e com idade compreendida entre 18 e 30 anos. Para a participação do estudo, todos os sujeitos foram informados sobre objetivos e procedimentos e, após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Presidente Prudente, SP, Brasil, sob número de protocolo 20/2010.

Foram incluídos no estudo os sujeitos que apresentavam as seguintes características: ausência de doenças cardiovasculares, respiratórias e/ou metabólicas conhecidas, não etilistas, não fumantes, sem episódio de lesão músculo-tendínea ou osteoarticular nos membros inferiores e/ou coluna no último ano e não terem participado de programa de musculação há pelo menos seis meses.

Os sujeitos foram orientados a não consumir qualquer alimento e/ou bebida com cafeína 24 horas antes de cada sessão e não alterar drasticamente suas atividades diárias e, caso o fizesse, informasse para registro. Uma semana antes do início dos protocolos de exercício foi destinada para realização de testes e familiarização dos sujeitos com o equipamento e forma de exercício a ser realizado em cada grupo. A coleta dos dados aconteceu em uma sala com temperatura (21 e 23 °C) e umidade do ar (40 e 60%) controladas, e os registros foram coletados entre 18 e 21 horas.

Alocação e grupos

Os sujeitos foram randomizados aleatoriamente em quatro grupos conforme fluxograma abaixo (Figura 1). Dois grupos realizaram apenas uma sessão de ER, sendo que o grupo controle concêntrico (CCONC) realizou o ER com predomínio da fase concêntrica, e o grupo controle excêntrico (CEXC) realizou o ER com predomínio da fase excêntrica. Dois grupos realizaram treinamento de ER, sendo que o grupo treinamento concêntrico (TCONC) realizou o treinamento com predomínio da fase concêntrica e o grupo treinamento excêntrico (TEXC), com predomínio da fase excêntrica. Para todos os grupos, foi utilizado o grupo muscular extensor do joelho para realização do exercício.

Teste de 1RM

Anteriormente ao início dos protocolos, uma semana foi destinada para realização do teste de 1RM (repetição máxima). O teste foi realizado em aparelho

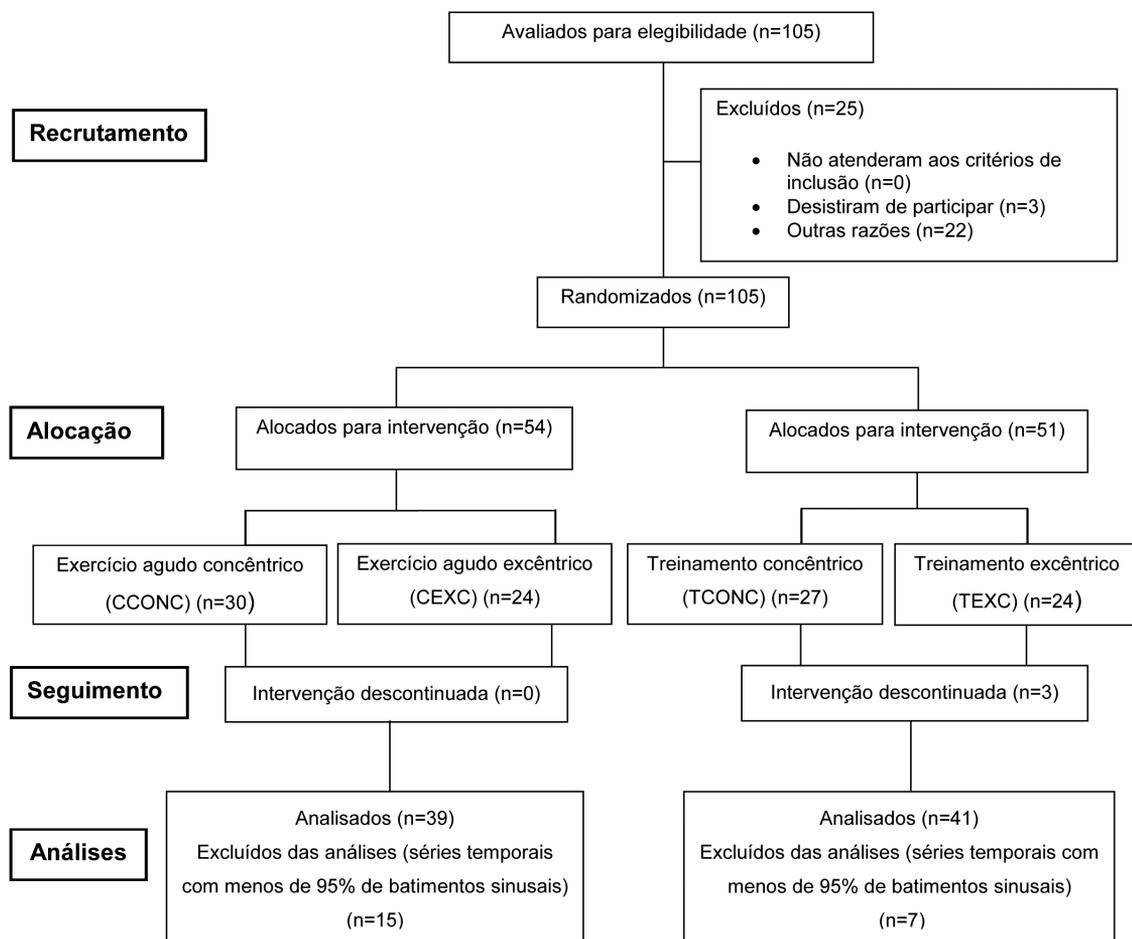


Figura 1. Diagrama de fluxo dos participantes durante o estudo.

de musculação (Ipiranga equipamentos, linha academia Hard) e determinou a carga máxima, em quilogramas, que cada indivíduo conseguiu realizar durante a extensão do joelho para, posteriormente, serem determinadas as cargas de treinamento e da sessão única de ER. O teste iniciou-se com 50% da massa corpórea do indivíduo recebendo incrementos de 30% desse valor, e também de acordo com a percepção de esforço do sujeito, e foi concluído quando o voluntário alcançou sua carga máxima ao executar o movimento de extensão de joelho sem falha mecânica. Não foi permitido mais do que cinco tentativas para estabelecimento da carga máxima. Se isso ocorresse, o teste era considerado inválido, e o voluntário era submetido ao teste em outro dia¹⁴.

Caso as tentativas com incrementos de 30% fossem superiores ao que o voluntário conseguisse alcançar, reduzia-se a valores intermediários (intervalos de 5 kg). Caso o indivíduo alcançasse valores próximos de sua capacidade máxima e respondesse favoravelmente ao incremento discreto

de carga, aumentava-se a carga utilizando valores intermediários de 30% (intervalos de 5 kg).

Optou-se por realizar o teste de 1RM com o membro inferior não dominante do voluntário, pois, de acordo com Gleeson et al.¹⁵, o membro dominante pode ser influenciado por esforços físicos, concêntricos e excêntricos, realizados durante as atividades de vida diária, potencializando o efeito de ganho de força muscular. O teste de 1RM e as sessões de exercício foram realizados no mesmo aparelho de musculação e durante eles, os indivíduos foram fixados por meio de faixas de velcro pelo tronco e coxas a fim de diminuir as compensações.

Força muscular

A força muscular foi avaliada por meio do teste de 1RM, conforme descrito alhures. Portanto, a avaliação da força muscular foi realizada antes e após o término (96 horas) de ambos os protocolos de exercício.

Protocolos

Os grupos CCONC e CEXC realizaram apenas uma sessão de ER, que correspondeu a três séries de uma repetição a 100% de 1RM. Os grupos TCONC e TEXC foram submetidos a dez sessões de treinamento de ER, realizado de forma progressiva.

A dinâmica de prescrição foi baseada na forma clássica de cargas crescentes, respeitando a interdependência volume \times intensidade, como proposto por Chiesa¹⁶, e adaptado à necessidade de evolução em dez sessões realizadas três vezes por semana, com intervalo de 48 horas entre elas.

As sessões 1 e 2 foram compostas de três séries de oito repetições (80% de 1RM), com 3 minutos de intervalo entre as séries; as sessões 3 e 4, de três séries de seis repetições (85% de 1RM), com 2 minutos de intervalo entre as séries; as sessões 5 e 6, de três séries de quatro repetições (90% de 1RM), com 1 minuto e 30 segundos de intervalo; as sessões 7 e 8 de, três séries de duas repetições (95% de 1RM), com 40 segundos de intervalo; e as sessões 9 e 10 foram compostas de três séries de uma repetição a 100% de 1 RM, com 20 segundos de intervalo entre as séries.

Descrição do exercício

Cada grupo foi orientado a realizar a contração do músculo quadríceps de modo que predominasse uma das fases, concêntrica ou excêntrica, realizadas em diferentes velocidades de contração. Para os grupos CCONC e TCONC, os sujeitos realizaram, com o membro inferior não dominante, a extensão do joelho a partir de 90° de flexão, sendo que a contração muscular deveria acontecer em 3 segundos, até atingir a amplitude de movimento (ADM) completa. O retorno do membro para a posição de origem ocorria em 1 segundo.

Os sujeitos dos grupos CEXC e TEXC realizaram a extensão de joelho a partir de 90° de flexão em 1 segundo, e a contração excêntrica ocorria durante a flexão, no tempo de 3 segundos.

Variabilidade de frequência cardíaca

Para captação dos intervalos RR (iRR) foi utilizado um frequencímetro da marca Polar, modelo S810i (Polar Electro, Finlândia), equipamento previamente validado¹⁷. Anteriormente às sessões dos grupos CCONC e CEXC e às 10^{as} sessões dos grupos TCONC e TEXC, os sujeitos permaneceram em repouso, com respiração espontânea e em posição supina por 20 minutos para coleta da VFC basal. Após esse procedimento, os sujeitos realizaram a sessão de exercício e continuaram a ser monitorados durante a recuperação pós-exercício, com respiração espontânea e em posição supina por 45 minutos.

Os dados obtidos foram submetidos inicialmente a uma filtragem digital, realizada pelo *software* do próprio dispositivo, o *Polar Precision Performance*, versão 3.0, e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo. Posteriormente, uma filtragem manual foi feita, caracterizada pela inspeção visual dos iRR e exclusão de intervalos anormais, e séries com 256 batimentos foram analisadas pelo *software Kubios HRV*¹⁸. Para análise dos índices, cinco janelas foram selecionadas: basal (pré-exercício), T1, T2, T3 e T4. A primeira janela de recuperação (T1) iniciou-se 2 minutos após interrupção do exercício e, a partir do 2º minuto, foram contados 256 batimentos, formando a primeira janela. A janela de recuperação T2 iniciou-se logo após o tempo final de T1, selecionando 256 batimentos novamente. O mesmo se repetiu com as janelas T3 e T4, que se iniciaram após o fim dos 256 batimentos das janelas T2 e T3 respectivamente.

Métodos lineares

Foram analisados, no domínio do tempo, os índices SDNN (desvio padrão da média de todos os iRR normais) e RMSSD (raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iRR no registro, dividido pelo número de iRR em um tempo determinado menos um iRR), ambos expressos em milissegundos¹⁹.

No domínio da frequência, foram analisados os componentes espectrais de baixa frequência [BF (0,04 a 0,15 Hertz)] e alta frequência [AF (0,15 a 0,4 Hertz)], expressos em ms² e unidades normalizadas (u.n). A análise espectral foi calculada utilizando o algoritmo da transformada rápida de Fourier¹⁹.

Métodos não lineares

Nos métodos não lineares, foram analisados, por meio do *Plot de Poincaré*, os índices SD1 (desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento) e SD2 (desvio padrão a longo prazo dos iRR contínuos)¹⁹.

Análise dos dados

A distribuição quanto à normalidade dos dados foi testada por meio do teste de Shapiro-Wilk. As variáveis de força, antropométricas e idade foram comparadas entre os grupos por meio do Teste *t* de *Student* para dados paramétricos e Mann-Whitney para dados não paramétricos.

Para as comparações entre contrações (concêntrica vs excêntrica), grupos (controle vs treinamento) e momentos (basal vs T1, T2, T3 e T4), utilizou-se a técnica da análise de variância para modelo de medidas repetidas, paramétrica para as variáveis

SDNN, RMSSD, SD1, SD2, BF (n.u), AF (n.u) e não paramétrica para as variáveis BF (ms^2) e AF (ms^2), no esquema de dois fatores, complementada com o teste de SNK (*Student-Newman-Keuls*) e Dunn, respectivamente.

Para o cálculo do tamanho da amostra, considerou-se, a partir de estudo piloto, a variável central (força muscular) com perspectiva de ganho de 6 quilogramas e desvio padrão de 7. Dessa forma, obteve-se o valor de 21 sujeitos por grupo, com poder de teste de 80%. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

Resultados

A Tabela 1 apresenta as características dos sujeitos em relação às variáveis antropométricas, idade e força. Observou-se aumento da força muscular, avaliada por meio do teste de 1RM, no momento final em relação ao momento inicial para o grupo TEXTC.

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam o comportamento dos índices de VFC ao longo do período de recuperação em todos os grupos analisados. Não

foram observadas diferenças significantes entre as ações concêntricas e excêntricas em todos os momentos analisados. Observou-se, para o grupo TEXTC, aumento dos índices RMSSD, SD1 e AF (ms^2) nos momentos T1, T2 e T4 em relação ao basal, evidenciando melhor recuperação da modulação autonômica cardíaca nesse grupo.

Discussão

Os achados deste ensaio sugerem maior efetividade quanto ao ganho de força e melhor recuperação pós-esforço para o grupo que realizou treinamento com ênfase em contração excêntrica. Em relação ao ganho de força, há diferença significativa para o grupo TEXTC quando comparados os momentos inicial (50 ± 11) e final (55 ± 11). Nota-se que os achados do presente estudo relacionados ao ganho de força corroboram os da literatura científica. Apesar do curto período de treinamento proposto (dez sessões), vale ressaltar que o ganho do grupo foi de aproximadamente 5%. Hortobágyi et al.²⁰ observaram, após 12 semanas de treinamento isocinético concêntrico e excêntrico,

Tabela 1. Características dos sujeitos.

	Controle		Treinamento	
	CCONC (19)	CEXC (20)	TCONC (21)	TEXTC (20)
Idade (anos)	22±3	21±2	20±3	21±2,5
Massa corpórea (kg)	70±11	76±11	70±9	74±12
Estatura (cm)	173±6	177±9	173±6	176±8
IMC (kg/m^2)	23,3±3,9	24,4±2,7	23,4±2,8	23,7±3,5
IPAQ (min/semana)	360±25	362±21	358±19	359±24
1 RM inicial (kg)	47±16	47±13	46±10	50±11
1 RM final (kg)	45±17	46±15	48±11	55±11*

RM: repetição máxima; *: diferença significativa em relação ao momento inicial para o grupo TEXTC.

Tabela 2. Média e desvio padrão dos valores dos índices SDNN e RMSSD, segundo grupos e momentos de análise.

		Basal	T1	T2	T3	T4
		SDNN (ms)	CCONC	48±14	87±23* ♦	53±15
	CEXC	49±15	87±26* #	53±17	59±16	60±19
	TCONC	56±18	58±19	61±22	56±16	57±15
	TEXTC	48±14	54±12	61±10*	59±18*	61±14*
RMSSD (ms)	CCONC	40±17	47±18	46±16	48±18	46±16
	CEXC	45±20	50±21	53±25	51±24	50±25
	TCONC	43±17	51±24*	47±20	44±20	43±18
	TEXTC	38±15	47±16*	44±16*	43±15	45±13*

SDNN: desvio padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em milissegundos; RMSSD: raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos RR no registro, dividido pelo número de intervalos RR em um tempo determinado menos um intervalo RR, expresso em milissegundos. * $p < 0,05$; em relação ao basal; ♦ $p < 0,05$; em relação ao TCONC; # $p < 0,05$; em relação ao TEXTC.

Tabela 3. Média e desvio padrão dos valores dos índices SD1 e SD2, segundo grupos e momentos de análise.

		Basal	T1	T2	T3	T4
SD1 (ms)	CCONC	30±12	34±13	36±18	35±13	32±11
	CEXC	33±14	35±15	37±18	36±17	35±17
	TCONC	31±12	36±17*	33±14	31±14	30±13
	TEXC	27±11	34±11*	31±11	30±11*	32±9*
SD2 (ms)	CCONC	60±19	116±36* ♦	65±22	70±20	79±21*
	CEXC	55±17	118±41* #	62±18	76±19*	75±23*
	TCONC	66±20	73±23	72±20	72±20	75±19
	TEXC	65±22	67±15	76±18	78±25	80±21*

SD1: desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SD2: desvio padrão a longo prazo dos intervalos RR contínuos; * p<0,05; em relação ao basal; ♦ p<0,05; em relação ao TCONC; # p<0,05; em relação ao TEXC.

Tabela 4. Mediana, mínimo, máximo e média e desvio padrão dos componentes espectrais AF e BF, expressos em ms² e em unidades normalizadas, segundo grupos e momentos de análise.

		Basal	T1	T2	T3	T4
AF (ms ²)	CCONC	527 (130;2233)	758 (151;2621)	689 (175;2076)	871 (167;1950)	683 (245;2048)
	CEXC	617 (38;5011)	691 (150;2951)	787 (1050;2853)	666 (1230;3300)	626 (910;4683)
	TCONC	482 (140;2681)	736 (110;3049)	613 (96;2175)	525 (84;2258)	599 (144;2468)
	TEXC	425 (50;1514)	685 (1360;2771)*	685 (125;1577)*	549 (138;1906)*	807 (105;2299)*
BF (ms ²)	CCONC	433 (209;2550)	908 (180;4747)	760 (183;1963)	756 (197;2117)	881 (4010;4348)
	CEXC	813 (60;3546)	824 (1560;2494)	511 (196;2936)	969 (2050;5388)	1061 (109;3181)
	TCONC	756 (18;2252)	816 (1080;2373)	1035 (120;4221)	789 (217;4423)	920 (110;5625)
	TEXC	577 (2360;1464)	762 (258;2038)	913 (238;3384)	901 (1960;2431)	1052 (1950;3068)
BF (u.n)	CCONC	53±14	51±8	52±13	55±15	59±16
	CEXC	56±18	53±11	49±14*	56±14	62±14
	TCONC	59±14	56±14	62±12	62±15	62±17
	TEXC	54±14	51±12	56±14	60±12*	57±11
AF (u.n)	CCONC	46±14	47±11	47±14	47±13	40±16
	CEXC	44±19	47±11	50±15	45±14	39±17
	TCONC	39±11	45±15	42±13	38±14	38±17
	TEXC	42±11	47±14	43±11	41±15	44±18

AF: alta frequência; BF: baixa frequência. *p<0,05; em relação ao basal.

aumento da força excêntrica. Segundo os autores, esse incremento de força está relacionado à hipertrofia das fibras musculares do tipo II e a uma maior ativação neural.

Aagaard et al.²¹ também identificaram, após 14 semanas de treino, aumento da força muscular do quadríceps e maior ativação neuromuscular após treinamento excêntrico quando comparado ao concêntrico. Esse tipo de estímulo parece promover aumento do *drive* neural e eficiência nos padrões de recrutamento de fibras. As adaptações em relação ao ganho de força após treinamento excêntrico, quando comparado ao concêntrico, parecem estar

bem descritas na literatura, entretanto acredita-se que, somado a essas características, a velocidade de contração tenha contribuído para tal achado, pois, segundo Corvino et al.²², maiores valores de desenvolvimento de força podem ser observados em velocidades mais baixas de contração.

É importante ressaltar que, apesar dos estudos citados apresentarem períodos de treinamento superiores aos do presente estudo, as dez sessões do treinamento resistido foram suficientes para mostrar incremento na força muscular para o grupo que realizou exercício com contrações excêntricas. Dessa maneira, propõe-se esse modelo de trabalho

para ganhos mais precoces de força com volumes menores de trabalho, o que pode ser interessante nos processos de reabilitação dentro da prática clínica.

Considerando o processo de recuperação pós-esforço como objeto de estudo, a ênfase para o comportamento do sistema nervoso autônomo parassimpático (SNAP) merece atenção. Assim, para os índices analisados que refletem a modulação vagal, observa-se que, entre os grupos (controle *vs* treinamento), não há diferença. Entretanto, quando se analisa a recuperação, percebe-se que para os grupos controle não há resposta evidente de recuperação e que nos grupos de treinamento essa resposta é evidenciada, com maior ocorrência, para o treinamento excêntrico. Notam-se maiores valores de RMSSD, SD1 e AF (ms²) nos momentos da recuperação em relação ao momento basal para o grupo TEXTC.

Deve-se considerar a dificuldade na comparação dos achados com a literatura, sobretudo pelo presente estudo ser o primeiro a avaliar a modulação autonômica cardíaca durante o período de recuperação após ações concêntricas e excêntricas. Após levantamento bibliográfico, foram encontrados apenas estudos que analisam efeito do treinamento sobre o comportamento da VFC, ou seja, investigam o processo de adaptação^{2,3} e não o seu comportamento como marcador de recuperação, sobretudo considerando tipos de exercícios com dinâmicas diferentes.

Os índices que refletem a variabilidade global^{19,23} (SDNN e SD2) mostram aumento na primeira janela de recuperação (T1) para os grupos controle. Ao observar o conjunto dos índices, parece que tal comportamento é devido a uma interação dos componentes simpático e parassimpático, já que ambos estão aumentados em T1 para os grupos CCONC e CEXC. Alguns autores⁹⁻¹¹ observaram uma predominância da modulação simpática ao analisar índices de VFC no domínio da frequência (DF) após estímulos agudos de ER. Heffernan et al.⁹ observaram diminuição no índice AF (u.n) e aumento do BF (u.n) após ER e exercício de *endurance*, entretanto maiores reduções na potência total (PT) foram observadas apenas após os ER. Rezk et al.¹⁰ e Andrade Lima et al.¹¹ também observaram predomínio da modulação simpática e redução da modulação parassimpática após ER globais para membros superiores (MMSS) e tronco, respectivamente, realizados em diferentes intensidades.

Deve-se ressaltar que os estudos citados acima não avaliam os dois tipos de contração de forma isolada, o que impossibilita maiores comparações e se diferenciam da presente pesquisa em relação ao número de grupos musculares recrutados, intensidade de esforço e volume de trabalho, fatores que influenciam diretamente o comportamento da modulação autonômica cardíaca após exercício.

Em síntese, ao observar o comportamento autonômico cardíaco durante o processo de recuperação pós-esforço, os grupos que realizaram apenas uma sessão de exercício apresentaram aumento da variabilidade global na primeira janela de recuperação, e os grupos que realizaram treinamento, com destaque para o grupo TEXTC, apresentaram melhores valores nos índices que refletem a modulação vagal (RMSSD, SD1 e AF) nas janelas de recuperação quando comparadas ao momento basal. Portanto, sugere-se que o treinamento excêntrico leva à adaptação positiva no controle vagal cardíaco, representando uma melhor recuperação.

O ensaio apresenta uma limitação que deve ser discutida. Refere-se à postura para captação dos batimentos. Em ambos os momentos, basal e recuperação, utilizou-se a postura supina para registro dos batimentos, o que não permitiu a análise da modulação autonômica cardíaca imediatamente após o esforço para avaliação da reentrada vagal, já que o exercício foi realizado na postura sentada. Como repercussões para os achados, deve-se considerar a análise do período de recuperação pós-esforço a partir de índices de VFC, sobretudo os que refletem a atividade parassimpática. Apesar de não haver diferenças entre os tipos de contração, explorações sobre condições diferentes de estresse ou patológicas podem mostrar dados de interesse e, com isso, atentar para riscos ou segurança para realização de sessões de exercícios de qualquer natureza.

● Conclusão

A partir dos achados da presente pesquisa, conclui-se que o treinamento resistido realizado com ênfase em contrações excêntricas promoveu ganho de força e aumento da modulação vagal cardíaca durante o processo de recuperação em relação à sua condição basal e que não há diferença entre os tipos de contração considerando os índices de VFC e os momentos analisados.

● Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP: 2010/09687-0), Brasil e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil pelo apoio financeiro concedido.

● Referências

1. Roig M, Shadgan B, Reid WD. Eccentric exercise in patients with chronic health conditions: a systematic review. *Physiother Can.* 2008;60:146-160. <http://dx.doi.org/10.3138/physio.60.2.146>

2. Cooke WH, Carter JR. Strength training does not affect vagal-cardiac control or cardiovagal baroreflex sensitivity in young healthy subjects. *Eur J Appl Physiol*. 2003;93:719-25. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-004-1243-x>
3. Melo RC, Quitério RJ, Takahashi ACM, Silva E, Martins LEB, Catai AM. High eccentric strength training reduces heart rate variability in healthy older men. *Br J Sports Med*. 2008;42:59-63. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2007.035246>
4. Seger JY, Thorstensson A. Effects of eccentric versus concentric training on thigh muscle strength and EMG. *Int J Sports Med*. 2005;26:45-52. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2004-817892>
5. Overend TJ, Versteegh TH, Thompson E, Birmingham TB, Vandervoort AA. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(4):177-82. <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/55.4.B177>
6. Thompson E, Versteegh TH, Overend TJ, Birmingham TB, Vandervoort AA. Cardiovascular responses to submaximal concentric and eccentric isokinetic exercise in older men. *J Aging Physl Act*. 1999;7:20-31.
7. Okamoto TB, Masuhara M, Ikuta K. Cardiovascular responses induced during high-intensity eccentric and concentric isokinetic muscle contraction in healthy young adults. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2006;26:39-44. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-097X.2005.00651.x>
8. Vallejo AF, Schroeder ET, Zheng L, Jensky NE, Sattler FR. Cardiopulmonary responses to eccentric and concentric resistance exercise in older adults. *Age Ageing*. 2006;35:291-7. <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afj082>
9. Heffernan KS, Kelly EE, Collier SR, Fernhall B. Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance and resistance exercise. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13(1):80-6. PMID:16449868.
10. Rezk CC, Marrache RCB, Tinucci T. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2006; 98:105-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-006-0257-y>
11. Andrade Lima AHR, Forjaz CLM, Silva GQM, Meneses AL, Rofrigues Silva AJM, Ritti-Dias RM. Efeito agudo da intensidade do exercício de força na modulação autonômica cardíaca pós-exercício. *Arq Bras Cardiol*. 2011;96(6):498-503. <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2011005000043>
12. Heffernan KS, Sosnoff JJ, Jae SY, Gates GJ, Fernhall B. Acute resistance exercise reduces heart rate complexity and increases QTc interval. *Int J Sports Med*. 2008;29(4):289-93. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-965363>
13. Pardini R, Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade E, Braggion G, et al. Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ)- versão 6: estudo piloto em adultos jovens brasileiros. *Rev Bras Ciên Mov*. 2001;9(3):45-51.
14. Brown LE, Weir JP. Asep procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol Online*. 2001;4(3):1-21.
15. Gleeson N, Eston R, Marginson V. Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. *Br J Sports Med*. 2003;37:119-25. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.37.2.119>
16. Chiesa LC. *La Musculación Racional: Bases para um entrenamiento organizado*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2007.
17. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy FM. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res*. 2008;41(10):854-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2008005000039>
18. Niskanen JP, Tarvainen MP, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Software for advanced HRV analysis. *Comput Methods Programs Biomed*. 2004;76(1):73-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2004.03.004>
19. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade de frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2009;24(2):205-17. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-76382009000200018>
20. Hortobágyi T, Hill JP, Houmard JA, Fraser DD, Lambert NJ, Israel RG. Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *J Appl Physiol*. 1996;80(3):765-72. PMID:8964735.
21. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson SP, Halkjaer-Kristensen J, Dyhre-Poulsen P. Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. *J Appl Physiol*. 2000;89:2249-57. PMID:11090575. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199805001-01178>
22. Corvino RB, Caputo F, Oliveira AC, Greco CC, Denadai BS. Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. *Rev Bras Med Esporte*. 2009;15(6):428-31. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922009000700005>
23. Task Force of the European Society of Cardiology of the North American Society of Pacing Electrophysiology. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65. <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>

Correspondence

Carlos Marcelo Pastre

Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Departamento de Fisioterapia
Laboratório de Fisioterapia Desportiva (LAFIDE)
Rua Roberto Simonsen, 305, Centro Educacional
CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil
e-mail: pastre@fct.unesp.br