



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ERICK HENRIQUE PEREIRA ECHES

**EFEITO DAS AÇÕES MUSCULARES CONCÊNTRICA E
EXCÊNTRICA NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES AO
EXERCÍCIO EM DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO**

Londrina
2015

ERICK HENRIQUE PEREIRA ECHES

**EFEITO DAS AÇÕES MUSCULARES CONCÊNTRICA E
EXCÊNTRICA NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES AO
EXERCÍCIO EM DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE em Educação Física, na área de concentração de Desempenho Humano e Atividade Física.

Orientador: Prof. Dr. Crivaldo Gomes Cardoso Jr.

Londrina
2015

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca
Central da Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

E18e Eches, Erick Henrique Pereira.
Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica nas respostas cardiovasculares ao exercício em dinamômetro isocinético / Erick Henrique Pereira Eches. – Londrina, 2015.
83 f.: il.

Orientador: Crivaldo Gomes Cardoso Junior.
Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esporte, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Stress cardiovascular – Teses. 2. Pressão arterial – Teses. 3. Batimento cardíaco – Teses. 4. Exercício resistido – Teses. 5. Educação física – Teses. I. Cardoso Junior, Crivaldo Gomes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esporte. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Universidade Estadual de Maringá. IV. Título.

CDU 796:61

ERICK HENRIQUE PEREIRA ECHES

**EFEITO DAS AÇÕES MUSCULARES CONCÊNTRICA E
EXCÊNTRICA NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES AO
EXERCÍCIO EM DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE em Educação Física, na área de concentração de Desempenho Humano e Atividade Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Crivaldo Gomes Cardoso Jr.
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz
Universidade de São Paulo - USP

Londrina, 22 de julho de 2015.

Dedico esta dissertação a minha família que sempre está ao meu lado nos momentos bons e ruins, e também à minha namorada Fernanda dos Santos Neri que me ajudou a superar diversos obstáculos e esteve comigo durante toda esta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter permitido com que eu chegasse até este ponto da minha trajetória pessoal, acadêmica e profissional. Agradeço a todos os professores que de alguma maneira dedicaram o seu tempo para contribuir na aquisição do conhecimento que possuo hoje, em especial ao professor Edilson Serpeloni Cyrino e ao seu grupo o GPEMENE que colaboraram muito neste sentido. Agradeço a todos os voluntários do estudo que sempre estiveram dispostos a ajudar dentro do experimento. Agradeço também ao Lucas Massoni e a Ariane Margonar que colaboraram durante as coletas desse trabalho. Agradeço ao meu orientador Crivaldo Gomes Cardoso Júnior que foi e é um dos melhores orientadores/ professores que já conheci, e que contribuiu muito para minha ascensão profissional. Agradeço aos meus pais e minha família por acreditar em meu potencial, e me apoiar para eu chegar onde estou e, com certeza, ir muito além disso. Em especial, agradeço à minha irmã Elisabete Cristina Pereira Eches, que acreditou muito em mim e me apoiou e incentivou durante a graduação e pós-graduação para que eu atingisse meus objetivos. Agradeço as agência de fomento, CAPES, CNPq e Fundação Araucária, que contribuíram, seja com equipamentos, material de consumo ou bolsa de estudos, para a realização deste estudo. E por fim, agradeço à Universidade Estadual de Londrina, por ter proporcionado todo o conhecimento adquirido.

“Trabalhe com aquilo que você ama e não trabalhará um único dia de sua vida”.

ECHES, Erick Henrique Pereira. **Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica nas respostas cardiovasculares ao exercício em dinamômetro isocinético**. 2015. 83 f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação Associado em Educação Física UEM/ UEL, Londrina, 2015.

RESUMO

A realização do exercício excêntrico tem sido recomendada para aprimorar a aptidão neuromuscular, sobretudo de pessoas com fragilidades para a elevação da pressão arterial, como é o caso dos hipertensos, diabéticos, idosos, cardiopatas, entre outros. Porém, a ação muscular excêntrica pode suportar uma intensidade absoluta mais acentuada em cerca de 45%, e isso pode promover riscos a algumas populações específicas. A partir disso, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito da ação muscular concêntrica e excêntrica nas respostas cardiovasculares durante exercício em dinamômetro isocinético. Foram selecionados 13 homens jovens (18 a 35 anos), normotensos, não praticante de exercício físico com regularidade igual ou superior a dois dias por semana, nos seis meses precedentes ao estudo, não usuários de medicamentos, sem limitação para a prática do exercício físico de extensão dos joelhos, não tabagista, não obesos e com baixo risco cardiovascular para a prática do exercício físico. Após a familiarização ao exercício no dinamômetro isocinético, os voluntários se submeteram a dois testes para avaliar o Pico de Torque Máximo Concêntrico (PTC) e Excêntrico (PTE), realizados por meio da exposição a três séries de três repetições máximas numa velocidade angular de 60°/s com intervalo de cinco minutos entre as séries. Em seguida, se submeteram a cinco sessões experimentais de maneira aleatória, a saber: sessão controle (CO); sessão convencional com exercícios concêntrico e excêntrico a 60% do PTC (CONV); sessão concêntrica a 60% do PTC (CC); sessão excêntrica a 60% do PTC (EC); e sessão excêntrica a 60% do PTE (EE); Antes por 10 min e durante a realização das intervenções as variáveis hemodinâmicas foram monitoradas continuamente por meio da técnica fotoplestiomográfica. Os resultados demonstraram que para a pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) e para a frequência cardíaca (FC) a sessão CO permaneceu estável, sendo que todas as outras sessões demonstraram elevações em relação a ela ($p < 0,05$). Para a PAS a sessão CONV foi superior as demais sessões, chegando a valores de 216 ± 18 mmHg na terceira série. A sessão EE teve maiores valores de PAS que as sessões CC e EC nas três séries, e ainda a sessão EC foi maior que a sessão CC na terceira série ($EC = 172 \pm 12$ vs. 159 ± 16 mmHg; $p < 0,05$). Para a PAD a sessão CONV apresentou maiores valores que todas as sessões na segunda e terceira série, e só não foi maior que a EE na primeira série, sendo que a sessão CONV chegou a valores de 143 ± 11 mmHg na terceira série. A sessão EE foi maior que as sessões CC e EC, que se apresentaram semelhantes ao longo das séries. A FC foi mais acentuada na sessão CONV, comparada às outras sessões, e ainda a sessão EE foi maior que a sessão CC em todas as séries e que a sessão EC na terceira série. Para a FC destaca-se que as sessões EC e CC foram semelhantes. Com base nisso concluímos que a exposição aguda ao exercício realizado com o auxílio do dinamômetro isocinético e com o emprego de resistência isoinercial em adultos jovens e saudáveis desencadeia respostas cardiovasculares mais exacerbadas durante a ação muscular excêntrica do que na ação concêntrica, sobretudo numa maior intensidade.

Palavras-chave: Estresse Cardiovascular. Pressão Arterial. Frequência Cardíaca. Exercício Resistido.

ECHEs, Erick Henrique Pereira. **Effect of concentric and eccentric muscle actions on cardiovascular responses to exercise in isokinetic dynamometer**. 2015. 83 p. Master's thesis Associate Graduate Program in Physical Education UEM / UEL, Londrina, 2015.

ABSTRACT

The realization of eccentric exercise has been recommended to improve neuromuscular fitness, especially people with weaknesses for high blood pressure, as is the case of hypertension, diabetes, elderly, heart disease, among others. However, the eccentric muscle action can support a greater absolute intensity by about 45%, and it can promote some specific risk populations. From this, the objective of this study was to analyze the effect of concentric and eccentric muscle action on cardiovascular responses during exercise using an isokinetic dynamometer. 13 young men were selected (18 to 35 years), normotensive, not exercise practitioner regularly less than two days per week in the months prior to the study, non-users of drugs, without limitation to the practice of physical exercise extension of the knees and a nonsmoker, not obese and low cardiovascular risk for the practice of physical exercise. After familiarization with the exercise on the isokinetic dynamometer, the volunteers underwent two tests to evaluate the torque Peak Maximum Concentric (PMC) and Eccentric (PME), performed by exposure to three sets three maximum repetitions at an angular velocity of $60^\circ/\text{s}$ with five-minute break between sets. Then they underwent five experimental sessions in random manner, namely: a control session (CO); Conventional session with concentric and eccentric exercises 60% of PMC (CONV); concentric login to 60% of PMC (CC); eccentric session to 60% of PMC (EC); and eccentric section 60% of the PME (EE); Before for 10 min and during the interventions hemodynamic variables were monitored continuously through fotoplestimográfica technique. The results showed that for systolic blood pressure (SBP) and diastolic (DBP) and heart rate (HR) remained stable CO session, and other sessions all showed increases in relation to it ($p < 0.05$). For SBP to CONV session was higher than the other session, reaching values of 216 ± 18 mmHg in third grade. EE session had higher SBP that the CC and EC sessions in three series, and still the EC session was higher than the CC session in third grade ($EC = 172 \pm 12$ vs. 159 ± 16 mmHg, $p < 0.05$). For DBP to CONV session presented higher values than all sessions in the second and third grade, and was not higher than the EE in the first series, and the session CONV reached values of 143 ± 11 mmHg in third grade. EE session was higher than the CC and EC sessions, which were similar throughout the series. The HR was more pronounced in CONV session, compared to other sessions, and also the EE session was higher than the CC session in all series and that the EC session in third grade. For HR stands out that the EC and CC sessions were similar. On this basis we conclude that acute exposure to the exercise carried out with the help of the isokinetic dynamometer and the employment isoinertial resistance in healthy young adults triggers more exacerbated cardiovascular responses during eccentric muscle action than in the concentric action, particularly at a higher intensity.

Keywords: Cardiovascular Stress. Blood Pressure. Heart Rate. Resistance exercise.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Efeitos das ações musculares concêntrica e excêntrica nas respostas cardiovasculares durante exercício em dinamômetro isocinético.....	19
Tabela 2 -	Efeitos das ações musculares concêntrica e excêntrica na ativação neuromuscular durante exercício em dinamômetro isocinético.....	23
Tabela 3 -	Efeitos das ações musculares concêntrica e excêntrica durante exercício em dinamômetro isocinético sobre percepção subjetiva de esforço (PSE) de Omni-Res	27
Tabela 4 -	Caracterização da amostra quanto a idade, perfil antropométrico, perfil hemodinâmico e experiência de treinamento (n = 13)	43
Tabela 5 -	Valores referentes ao trabalho total (TT), dividido por repetição (TT/R) e coeficiente de variação (CV) durante a realização das sessões experimentais para as ações propostas convencional (CONV), concêntrica (CC) e excêntrica-concêntrica (EC) com pico de torque em 60 % do valor máximo concêntrico e para a ação proposta excêntrica (EE) com pico de torque em 60 % do valor máximo excêntrico. Dados em média (desvio padrão) (n = 13)	46
Tabela 6 -	Valores de pressão arterial sistólica (PAS), média (PAM), diastólica (PAD) e frequência cardíaca (FC) precedente às respectivas intervenções experimentais. Dados expressos em média (desvio padrão) para 13 voluntários	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Foto demonstrando o local da colocação do manguito do Finometer, na falange medial do dedo médio dos sujeitos, e também o local em que o antebraço ficava apoiado durante a realização dos exercícios.....	33
Figura 2 -	Ilustração do posicionamento de eletrodos para registro eletromiográfico durante as sessões experimentais.....	34
Figura 3 -	Ilustração de uma folha plástica transparente com registros dos pontos centrais de cada eletrodo e de marcas de um voluntário	34
Figura 4 -	Foto do momento de preparação da pele para colocação dos eletrodos de superfície.....	35
Figura 5 -	Foto do momento de coleta do sangue, realizado no lóbulo da orelha direita do voluntário	36
Figura 6 -	Delineamento temporal do estudo.....	37
Figura 7 -	Foto de um sujeito paramentado pronto para a realização de uma das cinco sessões experimentais.....	38
Figura 8 -	Delineamento temporal das sessões experimentais.....	39
Figura 9 -	Esquema representativo da análise visual dos picos e vales dos dados hemodinâmicos das 10 repetições de cada uma das três séries, em cada uma das sessões experimentais envolvendo exercício, para cada um dos sujeitos	41
Figura 10 -	Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na pressão arterial sistólica (PAS) das três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético (n = 13)	48
Figura 11 -	Efeito de diferentes ações musculares, repetição a repetição, sobre a pressão arterial sistólica (PAS) em homens jovens (n = 13).....	50
Figura 12 -	Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na pressão arterial diastólica (PAD) das três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético (n = 13)	51
Figura 13 -	Efeito de diferentes ações musculares, repetição a repetição, sobre a pressão arterial diastólica (PAD) em homens jovens (n = 13).....	53

Figura 14 -	Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na pressão arterial média (PAM) das três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético (n = 13)	54
Figura 15 -	Efeito de diferentes ações musculares, repetição a repetição, sobre a pressão arterial média (PAM) em homens jovens (n = 13).....	56
Figura 16 -	Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na frequência cardíaca (FC) das três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético (n = 13).....	57
Figura 17 -	Efeito de diferentes ações musculares, repetição a repetição, sobre a frequência cardíaca (FC) em homens jovens (n = 13).....	59
Figura 18 -	Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na ativação neuromuscular (RMS) dos músculos vasto lateral (parte superior da figura) vasto medial (parte intermediária da figura) e reto femoral (parte inferior da figura) nas três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético (n = 13)	61
Figura 19 -	Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na fadiga muscular dos músculos vasto lateral (parte superior da figura) vasto medial (parte intermediária da figura) e reto femoral (parte inferior da figura) nas três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético (n = 13).....	63
Figura 20 -	Concentração de lactato sanguíneo verificados por meio da diferença entre os valores encontrados antes e após cinco minutos do término da realização das ações musculares concêntrica e excêntrica em dinamômetro isocinético, com àqueles verificados antes do período de intervenção (n = 13)	64
Figura 21 -	Percepção Subjetiva de Esforço, avaliada por meio da Escala Omini-Res imediatamente após a realização das ações musculares concêntrica e excêntrica em dinamômetro isocinético (n = 13).....	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1	EFEITO DA AÇÃO MUSCULAR NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES	17
3.2	EFEITO DA AÇÃO MUSCULAR EM INDICADORES DE DESEMPENHO.....	20
3.2.1	Ativação neuromuscular.....	20
3.2.2	Percepção Subjetiva de Esforço	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	28
4.2	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	28
4.3	PROCEDIMENTOS PRELIMINARES	28
4.3.1	Seleção Amostral	28
4.3.2	Programação Adotada no Dinamômetro Isocinético	29
4.3.3	Familiarização ao Exercício Isocinético	30
4.3.4	Testes Máximos	31
4.4	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	31
4.4.1	Intervenções	32
4.4.2	Medida da Pressão Arterial Durante o Exercício	32
4.4.3	Eletromiografia de Superfície	33
4.4.4	Lactato Sanguíneo	35
4.4.5	Percepção Subjetiva de Esforço	36
4.4.6	Delineamento Experimental.....	36
4.5	TABULAMENTO DOS DADOS.....	39
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	41

5	RESULTADOS.....	43
6	DISCUSSÃO.....	66
7	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICE.....	77
	APENDICE 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	78
	ANEXOS.....	80
	ANEXO 1 - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos.....	81
	ANEXO 2 - Ficha de Triagem do Risco Cardiovascular.....	82
	ANEXO 3 - Escala de OMNI-RES.....	83

1 INTRODUÇÃO

O exercício físico realizado com o auxílio do dinamômetro isocinético está cada vez mais recomendado, sobretudo por possibilitar maior otimização do esforço físico em virtude da característica de resistência isoinercial empregada em toda a amplitude angular do movimento requerido (TERRERI et al., 2001; AQUINO et al., 2007). Dentre as inúmeras possibilidades de individualização da prática com o auxílio do dinamômetro isocinético ressalta-se a permissibilidade de, na presença da dor, o executor realizar um trabalho numa amplitude submáxima de movimento ou, na ausência dela, em amplitude máxima (TERRERI et al., 2001). Dados emergentes têm apresentado diversidades ainda maiores com o emprego deste recurso para fins de melhora no desempenho atlético ou em programas de reabilitação osteomioarticular ou cardiovascular (TERRERI et al., 2001).

A resistência isoinercial do movimento, independentemente da ação muscular concêntrica ou excêntrica, comprime mecanicamente os vasos sanguíneos periféricos que irrigam os músculos ativos, desencadeando uma exacerbada elevação da resistência vascular periférica e, conseqüentemente, redução da perfusão tecidual do músculo (THOMPSON et al., 1999; OVEREND et al., 2000; OKAMOTO et al., 2006; 2008). A resultante funcional deste ajuste hemodinâmico é o comprometimento proporcional da capacidade de geração de força à medida que o fluxo sanguíneo se reduz (WERNBOM et al., 2009). Assim, com o intuito de compensar a perfusão tecidual diminuída, há aumento na ativação do sistema nervoso simpático (CARRASCO et al., 1999) que gera aumento na elevação do débito cardíaco e, sobretudo, da pressão arterial (CARRASCO et al., 1999; THOMPSON et al., 1999; OVEREND et al., 2000). É importante mencionar que a magnitude desta resposta hemodinâmica se relaciona positivamente com o nível tensional gerado, ou seja, com a intensidade do esforço e com a área muscular ativada (MITCHELL et al., 1980; LEWIS et al., 1985; FALKEL et al., 1992).

Do ponto de vista cardiovascular, tem sido descrito que durante a ação concêntrica a realização do exercício resistido promove uma sobrecarga cardíaca maior, demarcada pela elevação mais acentuada da pressão arterial e da frequência cardíaca (THOMPSON et al., 1999; HORTOBAGYI e DeVITTA, 2000; OVEREND et al., 2000; OKAMOTO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2008). Vale ressaltar, ainda, que tais relatos são oriundos de investigações científicas que compararam o efeito destas ações musculares nas respostas cardiovasculares mediante o emprego de repetições máximas (HORTOBAGYI e DeVITTA, 2000) ou

mediante situações experimentais de mesma intensidade absoluta (THOMPSON et al., 1999, OVEREND et al., 2000). Nesse sentido, ao comparar o nível tensional entre as ações musculares concêntrica e excêntrica, verifica-se que para a mesma intensidade absoluta o nível de compressão que a massa muscular exerce sobre os vasos sanguíneos é maior durante a ação concêntrica do que durante a ação excêntrica. Assim, seria presumível que a elevação da pressão arterial seja mais acentuada durante a ação concêntrica.

Todavia, estima-se que a capacidade de geração de força durante a ação excêntrica possa superar aproximadamente 45,5 % da capacidade de geração de força verificada durante a ação concêntrica (OVEREND et al., 2000). Assim, a intensidade tensional da massa muscular sobre os vasos sanguíneos, na mesma intensidade relativa, passa a ser mais acentuada durante a ação excêntrica e, conseqüentemente, seria presumível que a elevação da pressão arterial fosse mais acentuada durante a ação excêntrica.

Okamoto et al. (2006; 2008) testaram o efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica nas respostas cardiovasculares a partir do emprego de intensidades relativas, ou seja, a partir do percentual do pico de torque correspondente à ação muscular investigada. Nestas comparações foram verificadas situações experimentais em que adultos e idosos foram submetidos a exercícios que envolvia uma pequena massa muscular de membros superiores (movimento de flexão de cotovelo). Com isto os autores concluíram que durante a ação concêntrica há uma elevação mais acentuada da pressão arterial do que durante a ação excêntrica, e que esta elevação ocorre em virtude do maior recrutamento de unidades motoras. Todavia, esta possível divergência no recrutamento de unidades motoras e, conseqüentemente, na área de ativação muscular precisaria ser confirmada à luz do registro eletromiográfico que até o momento ainda não foi efetivado. Da mesma forma que apresentada anteriormente, a interrupção momentânea abrupta da oclusão vascular mediante o emprego da mesma intensidade relativa resulta num trabalho total maior frente a realização da ação muscular excêntrica do movimento. Assim, a plausibilidade biológica que justifica a elevação mais acentuada da pressão arterial durante a ação muscular concêntrica do que a ação muscular excêntrica passa a ser questionada.

Considerando a mesma intensidade absoluta, tem sido descrito que a ação muscular concêntrica desencadeia maior ativação neuromuscular que pode resultar numa maior resistência vascular periférica (LINNAMO et al., 2003). De fato, a concentração de substâncias vasoconstritoras, que pode estimular de forma mais acentuada o aumento da atividade nervosa simpática (CARRASCO et al., 1999), tem sido verificada de forma mais

acentuada após a realização da ação muscular concêntrica (CARRASCO et al., 1999; OKAMOTO et al., 2008) e, todos esses aspectos, colaboram, direta ou indiretamente, para que a percepção subjetiva de esforço frente a ação muscular concêntrica fique mais evidenciada (CARRASCO et al., 1999; THOMPSON et al., 1999; OVEREND et al., 2000). Assim, tem sido sugerido que, mediante a mesma intensidade absoluta de esforço, a sobrecarga cardiovascular é maior durante a ação muscular concêntrica (CARRASCO et al., 1999; THOMPSON et al. 1999; HORTOBAGYI e DeVITTA, 2000; OVEREND et al., 2000; OKAMOTO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2008). Todavia, a realização do exercício isoinercial na mesma intensidade absoluta de esforço promove o mesmo nível tensional durante toda a amplitude do movimento, independentemente desta ação ser concêntrica ou excêntrica. Nesse sentido, ambas as ações deveriam gerar a mesma ativação muscular, e consequentemente o mesmo aumento na resistência vascular periférica, na concentração de substâncias vasoconstritoras, na atividade nervosa simpática, na percepção subjetiva de esforço e nas respostas cardiovasculares. E ainda, na mesma intensidade relativa, o exercício isoinercial gera maior resistência muscular na ação muscular excêntrica, o que levaria a uma maior ativação neuromuscular durante esta ação muscular, fazendo com que as demais respostas fossem mais acentuadas também durante esta ação. Dessa forma, é premente a realização de um estudo cujo o delineamento experimental controle a interveniência desses fatores e empregue medidas com sensibilidade de identificação das respostas originadas pelas ações musculares.

Tem sido descrito ainda que a exposição crônica ao exercício físico (treinamento físico) excêntrico confere a seu praticante maior aumento de força e de massa muscular do que o exercício concêntrico (HIGBIE et al., 1996) assim, o exercício excêntrico poderia ser recomendado para aprimorar o condicionamento neuromuscular, sobretudo de pessoas com fragilidades para a elevação da pressão arterial, como é o caso dos hipertensos, diabéticos, idosos, cardiopatas, entre outros. Considerando que o maior risco relacionado com a prática do exercício físico é o risco imediato (risco agudo), ou seja, o risco obtido durante a realização do movimento ou logo após a finalização deste, pessoas que apresentam fragilidade para a elevação da pressão arterial, ao optarem pela prática do exercício que valoriza a ação excêntrica poderiam assumir o ônus hemodinâmico de se suportar uma intensidade de esforço físico superior em 45 % àquela decorrente da ação concêntrica.

Frente ao exposto, aventa-se a hipótese de que a exposição aguda ao exercício excêntrico no dinamômetro isocinético e com o emprego de resistência isoinercial provoque,

para a mesma intensidade relativa do movimento, uma sobrecarga cardiovascular mais acentuada do que a exposição aguda ao exercício concêntrico. Diante disto, é premente a necessidade de se esclarecer o efeito das ações musculares nas respostas cardiovasculares oriundas da exposição aguda ao exercício no dinamômetro isocinético e com o emprego de resistência isoinercial, comparando-se as ações musculares concêntrica e excêntrica, sobretudo numa população jovem e saudável, uma vez que nesta população não existe a interveniência hemodinâmica de possíveis aspectos patológicos que poderiam comprometer a interpretação do fenômeno funcional.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito da ação muscular concêntrica e excêntrica, frente a exposição aguda ao exercício realizado com o auxílio do dinamômetro isocinético e com o emprego de resistência isoinercial, nas respostas cardiovasculares em homens jovens e saudáveis.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar o efeito da ação muscular concêntrica e excêntrica, frente a exposição aguda ao exercício realizado com o auxílio do dinamômetro isocinético e com o emprego de resistência isoinercial em homens jovens e saudáveis, sobre:

- Ativação neuromuscular;
- Concentração de lactato sanguíneo;
- Percepção subjetiva de esforço.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 EFEITOS DA AÇÃO MUSCULAR NAS RESPOSTAS CARDIOVASCILARES

O estresse cardiovascular gerado pelo exercício resistido é dependente de diversas características inerentes a esta atividade. Em geral, encontram-se maiores aumentos da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial (PA) no exercício realizado com maior intensidade (MITCHELL et al., 1980), maior volume (LEWIS et al., 1985), maior massa muscular envolvida (MITCHELL et al., 1980; LEWIS et al., 1985; FALKEL et al., 1992) e na ação muscular concêntrica (MacDOUGALL et al., 1985; CARRASCO et al., 1999; HORTOBAGYI e DeVITTA, 2000; VALEEJO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2008).

A realização do exercício resistido envolvendo a utilização de pesos livres ou máquinas parece promover maior estresse cardiovascular durante a ação muscular concêntrica do que excêntrica (MacDOUGALL et al., 1985; CARRASCO et al., 1999). Ademais, MacDougall et al. (1985) utilizaram o exercício de *Leg Press* de maneira unilateral e bilateral, demonstrando que sempre na ação muscular concêntrica há um maior aumento da PA, e esta elevação da PA fica mais acentuada à medida que o recrutamento muscular aumenta. Apesar disto, há um conjunto de fatores intervenientes que dificultam a comparação dos resultados dos diferentes trabalhos sobre esta temática, sobretudo em razão das diferentes metodologias empregadas, massas musculares diferentes e, também, distintos segmentos corporais envolvidos na realização do exercício (MacDOUGALL et al., 1985; CARRASCO et al., 1999; HORTOBAGYI e DeVITTA, 2000; VALEEJO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2008).

A síntese dos estudos que verificaram o efeito da ação muscular nas respostas cardiovasculares durante o exercício resistido está apresentada na tabela 1. Brevemente, em nenhuma situação experimental em que se comparou o efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na resposta da pressão arterial (média, sistólica ou diastólica) os valores foram maiores na ação excêntrica. Os mecanismos envolvidos com tais respostas cardiovasculares ainda não foram totalmente elucidados. Todavia, acredita-se que durante a ação muscular excêntrica ocorra diminuição gradativa da pressão intramuscular sobre os vasos sanguíneos e, com isto, uma atenuação da redução da resistência vascular periférica

imposta por fatores mecânicos (MacDOUGALL et al., 1985). Valeejo et al. (2006) também verificaram aumentos mais acentuados na FC, no débito cardíaco e na ventilação expirada durante a ação muscular concêntrica. Todos esses fatores justificariam a maior elevação observada da pressão arterial. Por outro lado, Falkel et al. (1992) demonstraram maior aumento do débito cardíaco e do volume sistólico durante a ação muscular excêntrica, sendo que a elevação da FC foi semelhante entre as ações musculares, informações divergentes daquelas relatadas anteriormente, o que sugere a necessidade de novas investigações.

Tabela 1. Efeitos das ações musculares concêntrica e excêntrica nas respostas cardiovasculares durante exercício em dinamômetro isocinético.

Autor (ano)	População (sexo)	Equipamento	Exercício	Velocidade angular	Intensidade	Desfechos			
						PAM	PAS	PAD	FC
MacDougall et al. (1985)	Fisiculturistas (H)	Pesos livres	Rosca direta	NR	90% de 1RM	NR	AC > AE	AC > AE	AC = AE
MacDougall et al. (1985)	Fisiculturistas (H)	Máquina	<i>Leg Press</i>	NR	90% de 1RM	NR	AC > AE	AC > AE	AC = AE
MacDougall et al. (1985)	Fisiculturistas (H)	Máquina	<i>Leg Press</i>	NR	90% de 1RM	NR	AC > AE	AC > AE	AC = AE
Falkel et al. (1992)	Levantadores de peso e fisiculturistas (H)	Máquina	Agachamento livre	NR	50-80-100% de 1RM	NR	NR	NR	AC = AE
Falkel et al. (1992)	Levantadores de peso e fisiculturistas (H)	Máquina	Extensora	NR	50-80-100% de 1RM	NR	NR	NR	AC = AE
Carrasco et al. (1999)	Jovens (H)	Pesos livres	Rosca direta	NR	50% de 1RM	AC > AE	NR	NR	AC > AE
Thompson et al. (1999)	Idosos (M e H)	DI	Extensão de joelhos	90°/s	50% do PTC	AC > AE	NR	NR	AC > AE
Hortobagyi e DeVitta (2000)	Idosas (M)	DI	Extensão de joelhos	NR	3RM do PTC	AC > AE	NR	NR	AC > AE
Overend et al. (2000)	Jovens e idosos (H)	DI	Extensão de joelhos	90°/s	50% do PTC	AC > AE	AC > AE	AC > AE	AC > AE
Valeejo et al. (2006)	Jovens e idosos (H)	Máquina	Agachamento guiado	NR	65% de 1RM	NR	AC > AE	AC = AE	AC > AE
Okamoto et al. (2006)	Adultos e idosos (H)	DI	Flexão radial do carpo	60°/s	80% do PTC e PTE	AC > AE	AC > AE	AC > AE	AC = AE
Okamoto et al. (2008)	Adultos e idosos (H)	DI	Flexão radial do carpo	60°/s	80% do PTC e PTE	AC > AE	AC > AE	AC > AE	AC = AE

Nota: H = homens; M = mulheres; DI = dinamômetro isocinético; NR = não relatado; RM = repetições máximas; 1RM = uma repetição máxima concêntrica; PTC = pico de torque concêntrico; PTE = pico de torque excêntrico; PAM = pressão arterial média; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; AC = ação concêntrica; AE = ação excêntrica.

Na proposição da realização do exercício físico em dinamômetros isocinéticos, as respostas cardiovasculares de PA média (PAM), FC e duplo produto (DP), realizadas com o mesmo torque absoluto (THOMPSON et al., 1999; OVEREND et al., 2000; OKAMOTO et al., 2006 e 2008) e relativo (HORTOBÁGYI e DeVITTA, 2000) foram mais acentuadas durante a ação muscular concêntrica. Uma possível explicação para que a ação muscular concêntrica promova um maior estresse cardiovascular para a mesma intensidade absoluta de esforço se dá pelo fato de que durante sua execução pode haver um maior efeito mecânico de obstrução ao fluxo sanguíneo, somado às aferências desencadeadas pela hipóxia resultante desta diminuição de fluxo sanguíneo (CRYER, 1980; CARRASCO et al., 1999). Com isto é provável que o emprego da intensidade relativa, parametrizada pela ativação neuromuscular ou pela força muscular máxima, consiga deflagrar correspondência nas respostas cardiovasculares entre as ações musculares concêntrica e excêntrica ou resposta sobrepujada na elevação da pressão arterial durante a ação excêntrica.

3.2 EFEITO DA AÇÃO MUSCULAR EM INDICADORES DE DESEMPENHO

3.2.1 Ativação Neuromuscular

Durante a contração muscular ocorre a excitabilidade das fibras musculares por meio do controle neural, isso provoca a liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático juntamente com o acoplamento de uma molécula de ATP na cabeça da miosina, favorecendo o deslizamento da troponina e tropomiosina sobre a actina, liberando-a para se ligar a miosina. A partir daí a actina desliza sobre os filamentos da miosina, que conservam seus comprimentos originais. A contração se inicia na faixa ansiotrópica, ou A, em que a actina e a miosina se sobrepõem. Durante a contração, a faixa isotrópica (I) diminui de tamanho, enquanto os filamentos de actina penetram na faixa A. Concomitantemente, a faixa H, formada somente pelo filamento de miosina, também se reduz, à medida que esses filamentos são sobrepostos pelos filamentos de actina. Isso irá resultar em um grande encurtamento do sarcômero. Tudo isso depende do acionamento das bombas de sódio e potássio, onde ocorre a despolarização da membrana, caracterizando um potencial de ação (McARDLE et al., 2011). A partir daí, essas membranas ficam excitáveis e geram sinais elétricos, que podem ser detectados e mensurados com a colocação de eletrodos de superfície, sobre o músculo,

pela técnica denominada de Eletromiografia de Superfície (EMG) (BASMAJIAN e DE LUCA, 1985). A captação do sinal eletromiográfico é influenciada pelo número de unidades motoras ativas e pela taxa de descarga dos potenciais de ação dos neurônios motores, e pode variar de acordo com as características do exercício físico realizado.

No exercício resistido o sinal eletromiográfico e, conseqüentemente, a ativação neuromuscular, podem ser influenciados de forma linear e positiva pela intensidade (LINNAMO et al., 2003) e pelo volume (CARREGARO et al., 2011) de exercícios. Além desses fatores, o tipo de exercício, em especial o isométrico, pode demandar uma maior ativação neuromuscular do que o exercício dinâmico (ESCAMILLA et al., 2006). Especificamente em relação à ação muscular, tem sido verificado que durante a ação muscular concêntrica ocorre uma maior ativação neuromuscular comparada à ação muscular excêntrica (GRABINER e OWINGS, 2002; LINNAMO et al., 2003; HIGBIE et al., 1996).

De fato, no estudo de Grabiner e Owings (2002) foi demonstrado que durante o exercício de extensão de joelhos em dinamômetro isocinético, o teste máximo na ação muscular concêntrica resultou numa maior ativação neuromuscular, comparado a um teste máximo na ação muscular excêntrica, tanto em homens como em mulheres. Sczepanski et al. (1991), também usando testes máximos para ambas as ações musculares, verificaram que a ativação neuromuscular foi maior durante a ação muscular concêntrica na velocidade angular de 120°/ s, todavia quando o exercício foi realizado na velocidade angular de 60°/ s os resultados encontrados não apresentaram diferenças entre as ações musculares. Analisando o exercício de flexão de cotovelos, alguns autores também encontraram uma maior ativação neuromuscular durante a realização da ação muscular concêntrica (MORITANI et al., 1987, e de LINNAMO et al., 2003). Em especial, Linnamo et al. (2003) comparando as ações musculares com intensidades relativas a um teste máximo concêntrico, verificaram que a ativação neuromuscular durante a ação muscular excêntrica se estabiliza mais rapidamente com o aumento da intensidade, demonstrando que esta ação muscular pode levar a um menor estresse muscular mesmo com o aumento da intensidade.

Higbie et al. (1996) procuraram demonstrar as diferenças entre as ações musculares concêntrica e excêntrica durante testes máximos. Para isso, além de verificarem a exposição imediata durante as diferentes ações musculares, foi verificado também o efeito crônico de 10 semanas de treinamento com os indivíduos aleatorizados em três grupos, dois grupos treinando com apenas uma das ações musculares (excêntrica ou concêntrica), no exercício de extensão de joelho unilateral no dinamômetro isocinético, e um grupo controle. Tanto no

momento inicial como no momento pós-treinamento foi encontrada uma menor ativação neuromuscular durante a ação muscular excêntrica. Ambos os treinos foram efetivos em aumentar a ativação neuromuscular e, conseqüentemente, a força muscular durante a realização do teste concêntrico, contudo somente o treino excêntrico foi capaz de promover o aumento da força durante o teste excêntrico. Além disso, o treino excêntrico aumentou mais a área de secção transversa do músculo, quando comparado ao concêntrico e ao controle. Os estudos que verificaram os efeitos das diferentes ações musculares sobre a ativação neuromuscular estão apresentados de maneira sintética na tabela 2.

Tabela 2. Efeitos das ações musculares concêntrica e excêntrica na ativação neuromuscular durante exercício em dinamômetro isocinético.

Autor (ano)	População (sexo)	Equipamento	Exercício	Velocidade angular	Intensidade	Ativação Neuromuscular
Moritani et al. (1987)	Jovens (H)	Máquina	Flexão de cotovelos	NR	NR	AC > AE
Sczepanski et al. (1991)	Jovens (H e M)	DI	Extensão de joelho	120°/ s	3 RM do	AC > AE
				60°/ s	PTC e PTE	AC = AE
Hortobagyi e DeVitta (2000)	Idosas (M)	DI	Extensão de joelhos	NR	3 RM do PTC	AC = AE
Grabiner e Owings (2002)	Jovens (H e M)	DI	Extensão de joelhos	60°/ s	Máximo do PTC e PTE	AC > AE
Linnamo et al. (2003)	Jovens (H)	Pesos Livres	Flexão de Cotovelo	NR	20-40-60- 80% de 1RM	AC > AE
Higibie et al. (2013)	Jovens (M)	DI	Extensão de joelhos	60°/ s	Máximo do PTC e PTE	AC > AE

Nota: H = homens; M = mulheres; DI = dinamômetro isocinético; NR = não relatado; RM = repetições máximas; PTC = pico de torque concêntrico; PTE = pico de torque excêntrico; AC = ação muscular concêntrica; AE = ação muscular excêntrica.

Em síntese o que tem se verificado é que a ação muscular concêntrica promove uma maior ativação neuromuscular. Esses achados podem ser explicados, pelo menos em parte, pelo componente isométrico mais acentuado envolvido na realização do exercício dinâmico durante a ação concêntrica para a mesma intensidade absoluta de esforço. É possível presumir que a realização do exercício resistido, parametrizado pela ativação neuromuscular ou pela força muscular máxima, consiga deflagrar uma correspondência da ativação neuromuscular entre as ações musculares concêntrica e excêntrica.

Alguns estudos (SCZEPANSKI et al., 1991; HORTOBÁGYI e DeVITTA, 2000) demonstraram resultados semelhantes para as duas ações musculares, porém os autores não discutem quais os possíveis mecanismos que podem ter levado a esses resultados. Como ambos os estudos foram realizados com três repetições máximas podemos sugerir que este modelo leva a um estresse máximo tanto durante a ação muscular concêntrica e excêntrica, levando a mesma ativação neuromuscular. Porém esta sugestão precisa ser confirmada cientificamente.

3.2.2 Percepção Subjetiva de Esforço

A partir da integração de diversos sistemas do organismo, o indivíduo pode perceber e avaliar a sensação da tarefa ou exercício físico que foi ou está sendo realizado, por meio de retroalimentações aferentes gerados por alterações em alguns sistemas, que podem ser de demanda cardiorrespiratória, metabólica, térmica entre outras, determinando o que tem sido reconhecido por Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) (ESTON, 2012).

Os primeiros trabalhos com a PSE foram baseados no exercício aeróbio (BORG, 1962). Estas escalas têm sido validadas a partir de algumas variáveis fisiológicas, como frequência cardíaca, concentração de lactato e consumo de oxigênio, sendo demonstrada uma alta correlação entre elas (CHEN, FAN e MOE, 2002). Com isso, a escala de PSE passou a ser uma importante alternativa para se mensurar o esforço físico, inclusive no exercício resistido. Assim, surgiu a escala de Omni-Ress (LAGALLY e ROBERTSON, 2006), específica para o exercício resistido, que apresenta um padrão numérico para escolha do indivíduo, relacionado com a dificuldade do exercício representada por uma figura que simboliza um sujeito saindo do repouso e cursando para a fadiga, até atingir a exaustão.

É possível verificar demandas metabólicas, térmicas e cardiorrespiratórias distintas, durante a realização das diferentes ações musculares (THOMPSON et al., 1999; CARRASCO et al., 1999; HORTOBÁGYI e DeVITTA, 2000; OVEREND et al., 2000), e isso pode resultar numa percepção característica por parte do praticante mediante as ações musculares concêntrica e excêntrica, respectivamente. O que tem se encontrado na literatura é que a ação muscular concêntrica leva o indivíduo a perceber um maior esforço (THOMPSON et al., 1999; CARRASCO et al., 1999; HORTOBÁGYI e DeVITTA, 2000; OVEREND et al., 2000). De fato, Overend et al. (2000) adotaram o exercício de extensão de joelho no dinamômetro isocinético para determinar as respostas das diferentes ações musculares em jovens e idosos. Os sujeitos realizaram aleatoriamente a ação muscular concêntrica e excêntrica, ambas na intensidade de 50 % do pico de torque concêntrico. Foi empregada a escala de Borg de 6-20, e verificou-se uma PSE maior durante a realização do exercício concêntrico.

Existem ainda, estudos que verificaram os efeitos das diferentes ações musculares sobre a PSE em exercícios convencionais do treinamento resistido. Carrasco et al. (1999) investigando indivíduos que realizaram o exercício de flexão de cotovelos de forma aleatória para as ações musculares concêntrica e excêntrica, na intensidade de 50 % do teste de uma repetição máxima para a ação muscular concêntrica, verificaram que houve maior PSE depois do exercício concêntrico. Neste estudo, os autores sugerem que a maior atividade nervosa simpática observada durante a ação muscular concêntrica, gerada a partir do comando central, pode ter contribuído para a PSE mais acentuada. De maneira semelhante, Thompson et al. (1999) verificaram uma maior PSE durante a ação muscular concêntrica, em exercício de extensão de joelhos na intensidade de 50 % do pico de torque concêntrico para ambas as ações musculares, no dinamômetro isocinético.

Em geral os estudos têm apresentado uma relação diretamente proporcional entre a PSE e a intensidade absoluta de esforço (THOMPSON et al., 1999; CARRASCO et al., 1999; OVEREND et al., 2000; O'CONNOR et al., 2002; SOUZA et al., 2010). Dessa maneira, é possível presumir que a ação muscular concêntrica resulta numa maior PSE, visto que para a mesma intensidade absoluta de esforço, a restrição ao fluxo sanguíneo parece ser maior e, sobretudo, as aferências nociceptivas, induzidas pelo acúmulo de metabólitos locais parece ficar mais acentuada (CARRASCO et al., 1999). Contudo, mesmo com a utilização de intensidades relativas, durante seus respectivos testes máximos, os resultados de outros

autores (HORTOBÁGYI e DeVITTA, 2000) vão ao encontro daqueles estudos que utilizaram intensidades absolutas, demonstrando uma maior PSE durante a ação muscular concêntrica.

A síntese dos estudos que verificaram o efeito das diferentes ações musculares sobre a PSE está apresentada na tabela 3. Pelo exposto, a PSE aumenta em concordância com o aumento da intensidade absoluta de esforço. Entretanto, pouco se sabe a respeito da PSE diante da realização do exercício resistido durante as ações musculares concêntrica e excêntrica na mesma intensidade relativa de esforço em testes submáximos.

Tabela 3. Efeitos das ações musculares concêntrica e excêntrica durante exercício em dinamômetro isocinético sobre percepção subjetiva de esforço (PSE) de Omni-Res.

Autor (ano)	População (sexo)	Equipamento	Exercício	Velocidade angular	Intensidade	Desfechos na PSE
Carrasco et al. (1999)	Jovens (M)	Pesos livres	Rosca direta	NR	50% de 1RM	AC > AE
Carrasco et al. (1999)	Jovens (H)	Pesos livres	Rosca direta	NR	Conduzido até a fadiga	AC = AE
Hortobagyi e DeVitta (2000)	Idosas (M)	DI	Extensão de joelhos	NR	Testes Máximos	AC > AE
Overend et al. (2000)	Jovens e idosos (H)	DI	Extensão de joelhos	90°/ s	50% de 1RM	AC > AE
Thompson et al. (1999)	Idosos (M e H)	DI	Extensão de joelhos	90°/ s	50% de 1RM	AC > AE

Nota: H = homens; M = mulheres; DI = dinamômetro isocinético; 1RM = uma repetição máxima concêntrica; PT = pico de torque; AC = ação muscular concêntrica; AE = ação muscular excêntrica.

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo tem uma característica do tipo exploratória quantitativa, com uma abordagem quase experimental e delineamento longitudinal cruzado.

4.2 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Em consonância com a Resolução 466/ 12 do Conselho Nacional de Saúde, a presente investigação científica foi encaminhada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (Anexo 1). Assim, previamente à participação no estudo e, após o devido esclarecimento, todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 1).

4.3 PROCEDIMENTOS PRELIMINARES

4.3.1 Seleção Amostral

Foram convidados para participar do estudo 15 homens adultos jovens (idade entre 18 a 35 anos), de baixo risco cardiovascular, normotensos, não obesos, não tabagistas, não usuários de medicamentos, sem limitações para a prática do exercício físico e que nos seis meses precedentes ao estudo não se engajaram com a prática regular e sistematizada de exercícios físicos por duas ou mais vezes na semana. O recrutamento desses potenciais voluntários de pesquisa ocorreu por meio de divulgações nas redes sociais, em um grupo de jovens de uma Igreja Católica de Londrina e em salas de aulas do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina.

Conforme as recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte (THOMPSON et al., 2010), previamente a realização dos exercícios físicos, os participantes

foram submetidos a uma estratificação de risco cardiovascular, sendo que todos os voluntários apresentarem baixo risco cardiovascular e foram incluídos no estudo (anexo 2).

Para confirmação da normotensão, foi realizada a medida da pressão arterial (PA) de repouso sentado, por meio do equipamento automático e oscilométrico de medida da pressão arterial (Omron, modelo HEM-742INT, São José do Rio Preto, Brasil), em duas visitas, com intervalo de 48 h entre elas. Em cada visita, os voluntários permaneceram sentados em repouso por cinco minutos com a braçadeira do equipamento já posicionada no braço direito. Foram realizadas medidas de PA até se obter três medidas consecutivas em que a diferença máxima dos valores da PA sistólica e diastólica fosse de no máximo quatro milímetros de mercúrio (4 mmHg). Para tanto, foi respeitado um mínimo de um minuto entre cada medida necessária, conforme recomendações da VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão (2010). Os valores de FC (nas medidas válidas) foram anotados e utilizados para o registro da FC de repouso dos participantes. Foi realizada a média das três medidas válidas de cada dia, seguida do cálculo da média dos valores obtidos entre as duas visitas. Todos os voluntários apresentaram pressão arterial de repouso abaixo de 140 e 90 mmHg para a sistólica e diastólica, respectivamente, e foram incluídos no estudo.

Para a medida da massa corporal e da estatura, foi utilizada uma balança digital da marca Balmak (modelo BK-200F, S. Barbara d'Oeste, Brasil) de resolução de 0,1 kg, com um estadiômetro acoplado na balança, de resolução de 0,1 cm. Os procedimentos técnicos de medida seguiram as recomendações descritas por Gordon, Chumlea e Roche (1988). Com base nas informações de massa corporal e estatura, foi calculado o Índice de Massa Corporal (IMC). Todos os participantes apresentaram IMC 18,1 e 29,9 kg/ m².

4.3.2 Programação Adotada no Dinamômetro Isocinético

Para identificar o pico de torque concêntrico (PTC) e o excêntrico (PTE) adotou-se a programação de três séries de três repetições máximas na velocidade angular de 60°/ s. Para o PTC os voluntários realizaram a ação concêntrica do movimento de extensão dos joelhos, relaxando a musculatura na ação excêntrica até o retorno ao ponto inicial do movimento. Para o PTE os voluntários resistiam a flexão do joelho a partir da extensão máxima do joelho até a flexão que configurava o ponto inicial do movimento para a ação concêntrica. As informações inseridas para a programação do equipamento durante os testes máximos foram: protocolo

“isocinético unilateral”; no padrão “extensão/flexão”; com a articulação do “joelho”; com lado envolvido “direito”; no modo “isocinético”. Foi ainda, adotada a contração *CON/CON* para a sessão máxima do PTC e a *CON/EXC* para a sessão máxima do PTE, respectivamente.

Para as quatro sessões experimentais que envolviam exercício físico, a saber: sessão convencional [CONV] (exercício completo [concêntrico e excêntrico] realizado com 60% do PTC); sessão concêntrica-concêntrica [CC] (exercício concêntrico realizado com 60% do PTC); sessão excêntrica-concêntrica [EC] (exercício excêntrico realizado com 60% do PTC); e sessão excêntrica-excêntrica [EE] (exercício excêntrico realizado com 60% do PTE), adotou-se a programação de três séries com 10 repetições, na velocidade angular de 45°/s. Os intervalos de recuperação entre as séries foram de 90 s. As seguintes informações foram inseridas no equipamento em todas as situações experimentais que envolveram exercício físico: protocolo “isocinético unilateral”; no padrão “extensão/flexão”; com a articulação do “joelho”; com lado envolvido “direito”; no modo “isocinético”. Sendo ainda, adotada a contração *CON/EXC* para as intervenções CONV, EC, EE e, a contração *CON/CON* para a intervenção CC. Essas informações foram replicadas durante as sessões experimentais.

4.3.3 Familiarização ao Exercício Isocinético

Foram realizadas duas sessões para familiarização aos exercícios no dinamômetro isocinético (Biodex - modelo Multi-Joint System – Pro4, Shirley, New York). Para tanto, os voluntários foram posicionados no equipamento, o qual foi ajustado conforme as medidas corporais de cada voluntário de acordo com as distâncias entre a articulação do quadril e do joelho a partir das protuberâncias ósseas do trocanter maior e do epicôndilo lateral do fêmur; entre as articulações do joelho e do tornozelo, a partir das protuberâncias ósseas do epicôndilo lateral e maléolo lateral; e, também, de acordo com a estatura de cada voluntário. Todas as posições foram anotadas e utilizadas na familiarização e nas sessões experimentais.

Para os exercícios máximos os voluntários realizaram três séries de três repetições máximas, para se encontrar o PTC e o PTE. Já para os exercícios submáximos os voluntários realizaram três séries de 10 repetições a 60 % do pico de torque máximo de sua respectiva sessão máxima realizada anteriormente. Os intervalos entre as séries dos exercícios máximos foram de 300 s e entre as séries dos exercícios submáximos foram de 90 s, sendo que foi adotado um intervalo de 300 s entre todas as seis intervenções, máximas ou submáximas.

Estas sessões serviram para o aprendizado do movimento, para diferenciação das diferentes ações musculares, adaptação aos intervalos de recuperação e para sanar dúvida que o avaliado tivesse em relação a execução do movimento.

Os voluntários foram considerados familiarizados para as sessões experimentais quando conseguiram manter um erro menor que $\pm 10\%$ do percentual do máximo de torque a ser atingido, em pelo menos oito das 10 repetições, em cada uma das três séries de cada situação experimental, respectivamente. Ademais, os voluntários não deveriam atingir um pico de torque maior que 10% do respectivo pico de torque máximo, quando estivessem realizando a fase oposta do movimento estipulado, ou seja, quando estivessem realizando a sessão concêntrica, não poderiam ultrapassar 10% do pico de torque máximo excêntrico durante a fase excêntrica do movimento. Todos os participantes foram considerados familiarizados no primeiro teste.

4.3.4 Testes Máximos

Os testes máximos foram realizados em dinamômetro isocinético (Biodex - modelo Multi-Joint System – Pro4, Shirley, New York) após um intervalo mínimo de 48 h da última sessão de familiarização. Os voluntários realizaram duas sessões máximas, aleatorizadas (www.randomizer.org), com intervalo de 15 min entre elas, para se verificar o Pico de Torque Concêntrico (PTC) e o Pico de Torque Excêntrico (PTE). Nesta sessão os sujeitos realizaram três repetições máximas respeitando o ROM máximo de cada um, em uma velocidade angular de $60^\circ/\text{s}$. Para o PTC os sujeitos realizaram a ação concêntrica do movimento de extensão dos joelhos, relaxando a musculatura na ação excêntrica até se retornar ao ponto inicial. Para o PTE os sujeitos elevaram a perna, sem realizar força, até a extensão da mesma, e então realizaram força para segurar o peso do equipamento no retorno ao ponto inicial do movimento, realizando a ação excêntrica.

4.4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Todas as sessões experimentais foram realizadas sempre no período da tarde, e antes de cada uma delas a PA e a FC foram mensuradas para a confirmação da estabilidade dessas

variáveis, com três medidas simples, após repouso sentado de cinco minutos, com intervalo de um minuto entre elas.

4.4.1 Intervenções

Os exercícios foram executados em dinamômetro isocinético da marca Biodex (modelo Multi-Joint System – Pro4, Shirley, New York). Após um mínimo de 48 h de intervalo das sessões máximas, os participantes foram aleatorizados (www.randomizer.org) para realizar cinco diferentes intervenções, com um mínimo de 48 h de intervalo entre elas, sendo quatro intervenções com exercício, e uma intervenção controle (sem exercício), a saber: Controle [CO] (repouso sentado na cadeira do dinamômetro isocinético); convencional [CONV] (exercício completo [concêntrico e excêntrico] realizado com 60 % do PTC); concêntrica-concêntrica [CC] (exercício concêntrico realizado com 60 % do PTC); excêntrica-concêntrica [EC] (exercício excêntrico realizado com 60 % do PTC); e, excêntrica-excêntrica [EE] (exercício excêntrico realizado com 60 % do PTE).

Na sessão CO, os indivíduos realizaram todas as medidas, excluindo a eletromiografia, e no momento de realizar o exercício ficaram por sete minutos em repouso para equiparar a duração da intervenção controle com as que envolveram exercício.

Para garantir a intensidade correspondente à sessão experimental, recorreu-se a recursos de retroalimentações, tais como: i) visuais - em que o voluntário via na tela de um computador, o sucesso em atingir o pico de torque previsto para a respectiva sessão experimental; e ii) verbais – os voluntários recebiam palavras de incentivo durante a realização de cada uma das repetições realizadas em todas as situações experimentais. Foram aceitas repetições que ficaram até 10 % acima ou abaixo da carga estipulada, sendo que todos os voluntários obtiverem êxito na execução. Durante todas as sessões experimentais a temperatura ambiente foi monitorada por uma estação meteorológica radiográfica portátil (Twins, Munchener).

4.4.2 Medida da Pressão Arterial Durante o Exercício

Durante todas as sessões experimentais (CO, CONV, CC, EC e EE) a pressão arterial foi monitorada de maneira contínua e não invasiva por meio do monitor de pressão arterial Finometer (Finometer®, Pro, Finapres Medical System, Holland), o qual emprega a técnica de fotopletiografia digital (BOS et al., 1996). A pressão arterial foi medida por 10 min em repouso sentado antes das intervenções e durante as a realização das mesmas (com ou sem exercício). Para tanto, o manguito foi posicionado na falange medial do dedo médio, na mão esquerda dos voluntários, e esta mão permaneceu todo momento em repouso sobre dois bancos em cima de uma mesa, conforme demonstrado na figura 2. Todos os voluntários foram orientados continuamente para não realizarem respirações forçadas ou prenderem a respiração, na tentativa de evitar a manobra de Valsalva.



Figura 1. Local da colocação do manguito do Finometer, na falange medial do dedo médio dos voluntários, e posicionamento do antebraço dos voluntários.

4.4.3 Eletromiografia de Superfície

Foi realizada a coleta do sinal eletromiográfico (EMG) em todas as sessões experimentais com exercício (CONV, CC, EC e EE). Para a normalização dos sinais EMG foi captada, previamente, a atividade eletromiográfica em máxima contração isométrica voluntária (MCV) dos músculos Vasto Lateral, Vasto Medial e Reto Femoral. A MCV foi realizada em dinamômetro isocinético antes de cada sessão experimental, inclusive na sessão CO, no mesmo ângulo em que o participante atingiu o PTC no teste máximo (descrito no item 4.3.3). A localização dos pontos anatômicos para colocação dos eletrodos obedeceu às

padronizações internacionais (conforme figura 3), e o eletrodo de referência foi posicionado em cima do osso Tibial na região proximal (HERMENS et al., 2000).

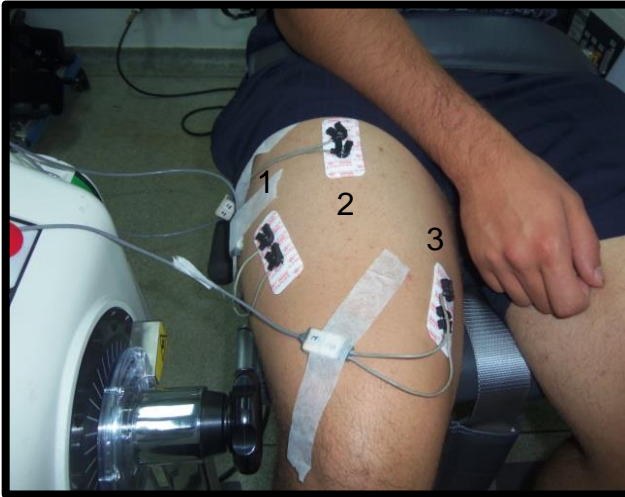


Figura 2. Posicionamento de eletrodos para registro eletromiográfico durante as sessões experimentais.

Nota: 1 = Músculo Vasto Lateral; 2 = Músculo Reto Femoral; 3 = Músculo Vasto Medial.

No primeiro dia de intervenção foram anotados os pontos em que os eletrodos foram posicionados, com o auxílio de uma folha plástica transparente (normalmente utilizada em retroprojetores) colocada sobre a perna estendida do sujeito (conforme figura 4). Assim foram marcados, com uma caneta pincel, os pontos centrais dos eletrodos e de marcas pessoais de cada voluntário. Esta transparência foi utilizada para o posicionamento dos eletrodos em todas as sessões experimentais (CO, CONV, CC EC e EE).

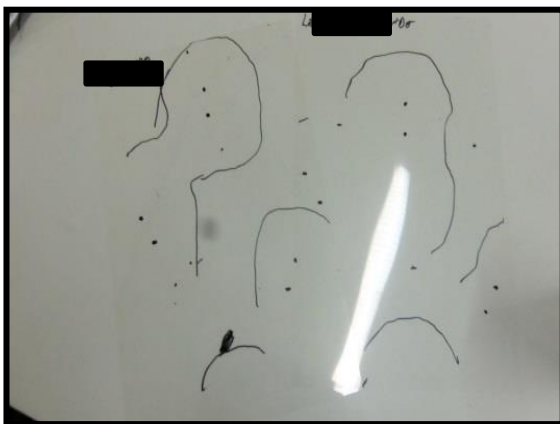


Figura 3. Folha plástica transparente com registros dos pontos centrais de cada eletrodo e de marcas de um voluntário.

Para a coleta dos dados, foi utilizado um eletromiógrafo de oito canais, modelo TeleMyo 2400 T G2 (NORAXON Inc., Estados Unidos). A frequência de amostragem para os registros eletromiográficos foi de 2000 Hz. O fator de rejeição do modo comum foi maior que 95 dB. As coletas foram realizadas de acordo com a ISEK (International Society of Electrophysiology and Kinesiology) (MERLETTI, 1999). Eletrodos ativos modelo TeleMyo 2400 (NORAXON Inc., Estados Unidos), com distância inter-eletrodos (centro a centro) de

dois centímetros, foram fixados após realizada a preparação do local, com tricotomia, assepsia com álcool e curetagem para reduzir a impedância da pele, conforme figura 5.



Figura 4. Preparação da pele para colocação dos eletrodos de superfície.

Os valores médios em RMS (*root mean square*) (μV) foram analisados de forma isolada para cada músculo. Também foram analisadas a frequência mediana e a inclinação de cada série isoladamente ou em associação com as demais. Os dados foram processados por meio do ambiente de simulação matemática MatLab 7.0 (MathWorks[®], South Natick, MA, Estados Unidos). Para obtenção dos valores expressos em RMS, os sinais EMG brutos foram submetidos à filtragem digital, utilizando filtro banda passa-baixa de 20 Hz e alta de 500 Hz (BASMAJIAN e De LUCA, 1985).

4.4.4 Lactato Sanguíneo

Foram coletadas amostras de sangue no lóbulo da orelha direita dos indivíduos (figura 6) para análise do lactato, antes do início e após cinco minutos do término de cada intervenção (CO, CONV, CC, EC e EE). O sangue foi armazenado em um *Ependorf* com 25 μl de sangue e 50 μl de solução de fluoreto de sódio e congelados em refrigeração de -20°C para posterior análise.



Figura 5. Momento da coleta do sangue, realizado no lóbulo da orelha direita do voluntário.

Para a análise foi utilizado um analisador de lactato da marca Yellow Springs (modelo YSI 2300 STAT PLUS, Yellow Springs, OH, Estados Unidos). O equipamento foi calibrado sempre antes de cada sequência de análises, conforme orientações do fabricante.

4.4.5 Percepção Subjetiva de Esforço

Com auxílio da escala de Omni-Res (ANEXO 3) (LAGALLY e ROBERTSON, 2006) com os valores de 0 a 10 partindo do nível “extremamente fácil” até o “extremamente difícil”, foi analisada a PSE do sujeito. Assim, um minuto após o término das intervenções (CO, CONV, CC, EC e EE), foi perguntado aos sujeitos “qual foi a dificuldade, ou seja, o nível de esforço físico, para realizar esta intervenção?”.

4.4.6 Delineamento Experimental

Todos os voluntários deveriam realizar ao menos oito visitas ao laboratório para concluírem a pesquisa, conforme figura 7. Em todos os encontros, os voluntários foram orientados a não realizar atividades físicas vigorosas, não fazerem uso de bebidas alcoólicas e/ou cafeinadas, e manterem um padrão normal de sono nas 48 h precedentes a cada sessão experimental. Na condição dos voluntários não seguirem as respectivas orientações, outra sessão seria agendada.

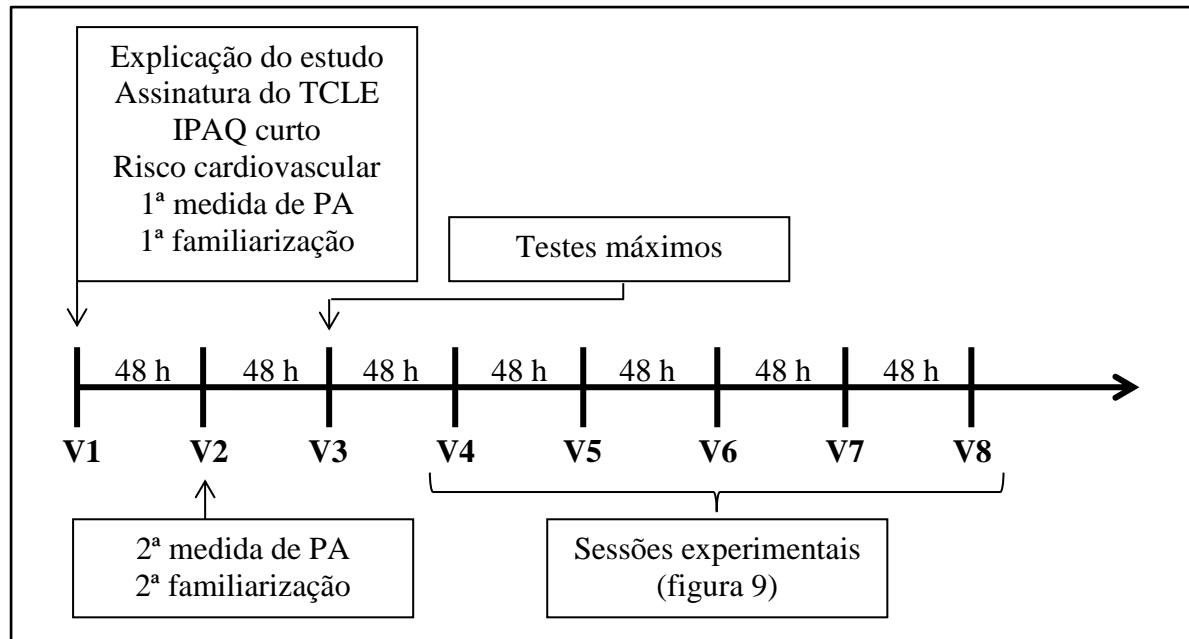


Figura 6. Delineamento temporal do estudo.

Nota: TCLE = termo de consentimento livre e esclarecido; IPAQ curto = questionário internacional de atividade física; PA = pressão arterial; V = visita.

Durante a primeira visita ao laboratório, os sujeitos foram informados sobre o delineamento da pesquisa e, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A partir disso, na mesma visita foi realizada a primeira sequência de medidas da PA para confirmação da normotensão. Em seguida os voluntários responderam o questionário internacional de atividade física (IPAQ curto) e também o questionário sobre o Risco Cardiovascular. Para finalizar, os voluntários realizaram a primeira sessão de familiarização ao dinamômetro isocinético.

Na segunda visita ao laboratório, com um intervalo de pelo menos 48 h em relação à primeira, foi realizada a segunda sequência de medidas da PA para a confirmação da normotensão e, também, a segunda sessão de familiarização ao dinamômetro isocinético.

Todos os voluntários foram submetidos, na terceira visita e com um intervalo de pelo menos 48 h em relação a segunda visita, a dois testes máximos realizados de forma aleatória, para a obtenção do pico de torque concêntrico e excêntrico, respectivamente.

A partir da quarta visita foram realizadas, de maneira aleatória, foram realizadas as sessões experimentais, com um intervalo de, no mínimo, de 48 h entre elas e entre a terceira visita. Em todas as sessões experimentais, ao chegar ao laboratório os voluntários foram orientados a irem ao banheiro para desprezarem a urina. Em seguida, foram mensuradas a massa corporal e a estatura, e na sequência os participantes permaneceram em repouso

sentados por cinco minutos para a realização de medidas da PA e da FC. Essas medidas serviram para confirmar a semelhança dessas variáveis no início das sessões experimentais. Logo após, os voluntários foram paramentados com a colocação de eletrodos de eletromiografia de superfície (EMG) no membro que seria exercitado/ avaliado, e posicionados na cadeira do dinamômetro isocinético. Cada participante permaneceu por cinco minutos em repouso sentado, conforme ilustrado na figura 8. Após isto, a PA e a FC foram registradas por 10 min ininterruptos. Após Finalizado o registro da PA e da FC, amostras de sangue foram coletadas para fins de análise de lactato. Em seguida, foi realizada uma máxima contração isométrica voluntária (MCV) para fins de registro da ativação neuromuscular máxima com a eletromiografia. Respeitando-se o processo de aleatorização, os participantes realizaram uma das cinco situações experimentais, conforme descrito no item 4.4.1.



Figura 7. Voluntário paramentado pronto para a realização de uma das cinco sessões experimentais.

Em todas as situações experimentais (exercício ou repouso) os sujeitos foram continuamente monitorados, e os parâmetros hemodinâmicos registrados, sendo que o registro do sinal eletromiográfico somente foi efetivado nas sessões que envolviam exercício físico.

Após esse período, os participantes permaneceram sentados na cadeira do dinamômetro isocinético para que fosse realizada ao fim do primeiro minuto após as intervenções, a coleta da PSE, e aos cinco minutos uma nova coleta de sangue para medida da

concentração de lactato. O delineamento temporal das sessões experimentais (cinco últimas visitas) está demonstrado na figura 9.

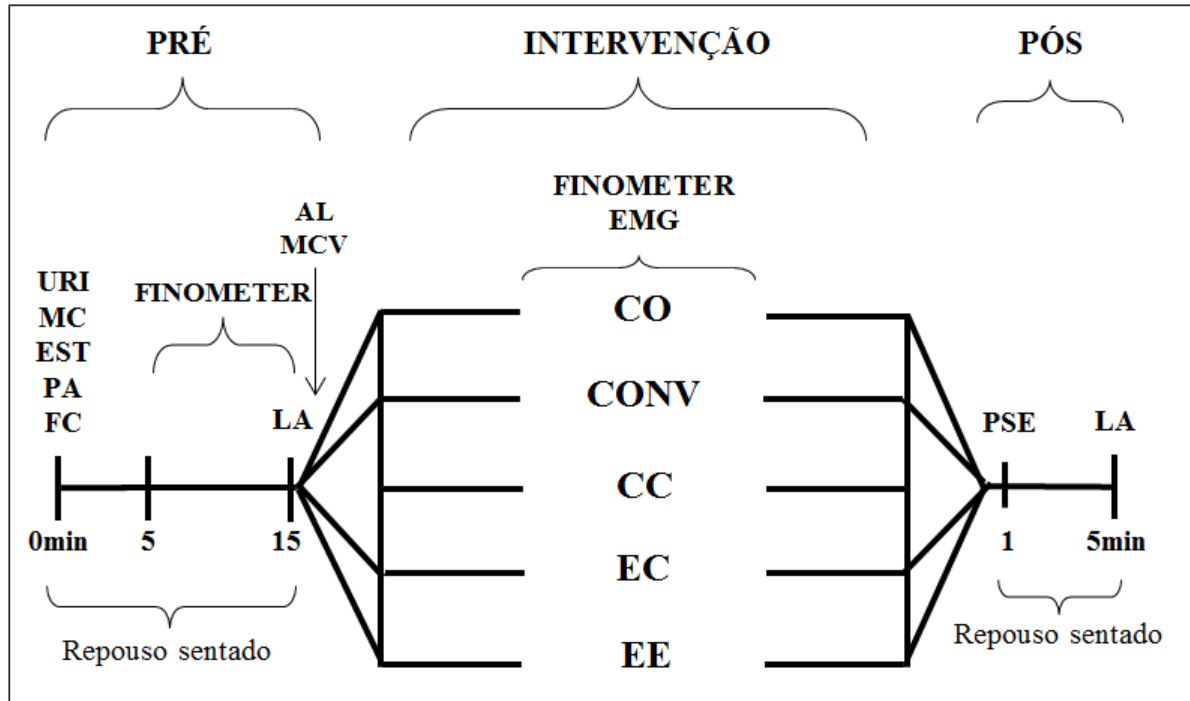


Figura 8. Delineamento temporal das sessões experimentais.

Legenda: URI = desprezar urina; MC = massa corporal; EST = estatura; PA = pressão arterial (medidor automático); FC = frequência cardíaca (medidor automático); LA = lactato sanguíneo; AL = aleatorização; MCV = máxima contração voluntária; FINOMETER = pressão arterial contínua; EMG = eletromiografia; CO = controle (sem exercício); CONV = exercício convencional com realização das ações musculares concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = exercício concêntrico com 60 % do PTC; EC = exercício excêntrico com 60 % do PTC; EE = exercício excêntrico com 60 % do pico de torque excêntrico.

4.5 TABULAÇÃO DOS DADOS

Para a tabulação dos dados de PAS, PAM, PAD e FC foram utilizados os picos de cada série para simbolizar os valores das séries e, também os picos e vales de cada repetição para simbolizar os valores das repetições. Para tanto, após eliminar os erros gerados pelo finometer, foi utilizado uma planilha do *Excell* (Microsoft® Office) onde os dados eram inicialmente tabulados logo após serem retirados do programa do equipamento de fotopletismografia digital (Finometer®, Pro, Finapres Medical System, Holland).

Para a tabulação dados das séries foi aplicada a equação [=máximo] na planilha do *Excell* (Microsoft® Office) em cada uma das três séries, de cada uma das cinco sessões experimentais (CO, CONV, CC, EC e EE) para cada um dos sujeitos. Como os resultados não apresentaram normalidade, os dados individuais foram transformados em logaritmo natural (LN) para serem analisados. Porém, para apresentação dos dados nas figuras foi empregada a média dos valores individuais brutos (gráfico de barras), juntamente com os valores individuais em LN sobrepondo os valores médios (círculos).

Para a tabulação dos dados das repetições foi utilizada a análise visual dos dados de cada série, de cada um dos sujeitos em cada uma das sessões experimentais envolvendo exercício (CONV, CC, EC e EE). Para tanto, foi requerido na planilha do *Excell* (Microsoft® Office) a inserção de uma figura de linhas dos dados propostos. A análise visual considerou os picos dos dados a cada período de tempo, que foram normalmente seguidos de vales, sendo que cada série deveria conter 10 picos e 10 vales, de tal forma que os dados foram divididos em 10 partes iguais, e foi considerado o pico e o vale dentro de cada uma das partes, conforme figura 10. Os picos foram considerados os valores da ação muscular proposta, já os vales foram considerados como sendo os valores da ação muscular oposta. Os valores dos picos e vales individuais foram transcritos para uma nova planilha para serem analisados posteriormente. Para a sessão CO, foi considerada a média de cada série como sendo o valor dos picos e dos vales das 10 repetições dentro da mesma série. Esta análise foi realizada por somente um avaliador, para evitar possíveis diferenças inter-avaliadores.

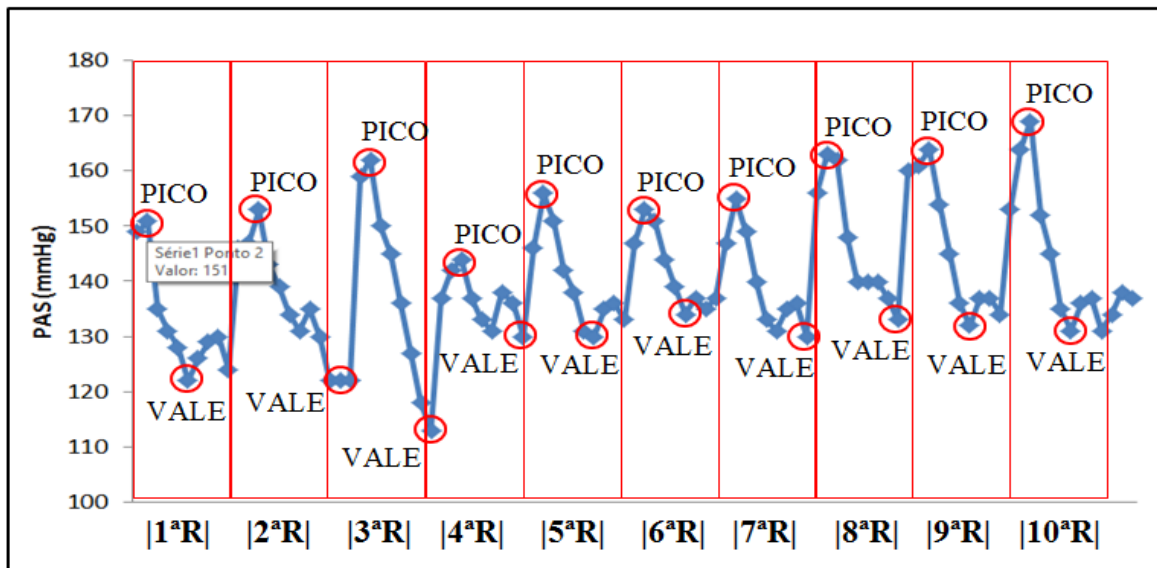


Figura 9. Esquema representativo da análise visual dos picos e vales dos dados hemodinâmicos das 10 repetições de cada uma das três séries, em cada uma das sessões experimentais envolvendo exercício, para cada um dos sujeitos.

Nota: Os dados da figura são da pressão arterial sistólica (PAS) de um sujeito durante a primeira série da sessão CC (sessão concêntrica realizada com 60 % do pico de torque concêntrico); R = repetição.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em obediência aos pressupostos da análise estatística de dados paramétricos, o tratamento estatístico foi precedido da análise descritiva dos dados numéricos, considerando medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (variância, valor mínimo e máximo, desvio e erro padrão da média). Essa análise foi realizada por meio do software SPSS (versão 20.0).

Após a descrição dos dados, foi testada a normalidade dos mesmos, bem como a identificação de casos extremos. Para a normalidade, foram observados os gráficos normal Q-Q plot, histograma, Steam-and-leaf e box-plot, acompanhada da avaliação numérica do teste de normalidade Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). O teste de esferecidade foi realizado pelo teste de Mauchly. O teste de Levene foi utilizado para análise da homogeneidade da variância. Para os dados brutos inicialmente não normais foi realizada a conversão logarítmica, e, posteriormente, realizada novamente os testes de normalidade e homogeneidade.

Para a comparação dos valores das séries da PAS, PAM, PAD, FC, RMS, FM e trabalho total do dinamômetro isocinético de cada uma das sessões experimentais, foi

empregada a análise de variância de dois caminhos (ANOVA two-way), para medidas repetidas, a saber: fator1 = sessões (CO; CONV; CC; EC; e EE); fator2 = repetições. Para comparação dos valores de PSE, de concentração de lactato, de temperatura ambiente e de umidade relativa do ar foi utilizada a análise de variância de um caminho (ANOVA one-way). E para a comparação dos valores de trabalho total e trabalho total por repetição, nas sessões CC, EC e EE, foi utilizada a Análise de Covariância (ANCOVA), sendo que os valores das ações oposta serviram como covariadas. Quando necessário foi empregado o teste de contraste (*post-hoc*) de Newman-Keuls para a identificação das possíveis diferenças. Os dados estão apresentados como média e desvio padrão da média e foi adotado um nível de significância de 5 %.

5 RESULTADOS

A caracterização da amostra estudada está apresentada na tabela 4. Como pode ser verificado, o pico de torque excêntrico superou em 37,4 % o pico de torque concêntrico.

Tabela 4. Caracterização da amostra quanto a idade, perfil antropométrico, perfil hemodinâmico e experiência de treinamento (n = 13).

	Média (dp)	Amplitude
Idade (anos)	24,2 (4,3)	19 – 33
Perfil Antropométrico		
Massa Corporal (kg)	77,0 (10,1)	64 – 101
Estatura (m)	1,79 (0,08)	1,66 – 1,98
IMC (kg/ m ²)	24,1 (2,0)	21,5 – 28,4
Circunferência de Cintura (cm)	86,5 (6,4)	81 – 98
Perfil Hemodinâmico		
PAS (mmHg)	122 (6)	111 – 133
PAM (mmHg)	87 (5)	76 – 98
PAD (mmHg)	70 (5)	59 – 81
FC (bpm)	77 (6)	68 – 88
DP (mmHg.bpm ⁻¹)	9387 (864)	8402 – 10978
Indicadores de Força e Amplitude Angular		
PTC (N)	253,7 (26,7)	222,2 – 300,3
PTE (N)	348,6 (33,5)	298,0 – 398,4
ROM (°)	81 (8)	
Indicadores de Experiência de Treinamento		
Tempo sem Treinamento (meses)	102 (138)	7 – 396
Experiência com Treinamento (meses)	19 (24)	0 – 80

Nota: IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; PAM = pressão arterial média; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; DP = duplo produto; PTC = pico de torque concêntrico; PTE = pico de torque excêntrico; ROM = amplitude angular do movimento.

A familiarização dos voluntários ao dinamômetro isocinético, precedente às sessões experimentais considerou o pico de torque concêntrico de $259,4 \pm 25,1$ N e excêntrico de

340,5 ± 33,5 N, ambos identificados no próprio dia da familiarização. Durante as sessões de familiarização, a variação percentual foi controlada por estímulo de retroalimentação visual e auditiva. Assim, todos os voluntários obtiveram êxito (variação aceitável de no máximo 10 % do estipulado) em pelo menos oito das 10 repetições requeridas em cada série.

Na tabela 5, estão apresentados os valores referentes ao trabalho total, trabalho total dividido por repetição e coeficiente de variação durante as respectivas sessões experimentais. Como pode ser observado, nenhuma variação superior a 10 % foi encontrada para as ações propostas em relação aos respectivos picos de torque, ou seja, nenhuma variação superior a 10 % foi verificada entre as sessões CONV, CC e EC em relação ao pico de torque concêntrico ($p > 0,05$), bem como na sessão EE em relação ao pico de torque excêntrico ($p > 0,05$). Para as ações opostas, verificou-se que o trabalho total, ou seja, o esforço despendido para vencer a gravidade e retornar à posição inicial do movimento foi significativamente maior nas sessões EC e EE com a sessão CC. Contudo, nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada entre as sessões EC e EE. É importante mencionar ainda que a fixação intencional do trabalho total da ação oposta como uma covariável na análise de covariância (ANCOVA), não resultou em nenhuma interveniência estatisticamente significativa do trabalho total despendido na ação proposta ($p < 0,001$).

Tabela 5. Valores referentes ao trabalho total (TT), dividido por repetição (TT/R) e coeficiente de variação (CV) durante a realização das sessões experimentais para as ações propostas convencional (CONV), concêntrica (CC) e excêntrica-concêntrica (EC) com pico de torque em 60 % do valor máximo concêntrico e para a ação proposta excêntrica (EE) com pico de torque em 60 % do valor máximo excêntrico. Dados em média (desvio padrão) (n = 13).

		AÇÃO PROPOSTA				
		CONV				
		Concêntrica	Excêntrica	CC	EC	EE
Torque esperado para 10 rep (N)		1522	1522	1522	1522	2092
TT (N)	S ₁	1553 (162) €	1615 (246) €	1452 (281) €	1555 (236) €	1993 (274)
	S ₂	1576 (223) €	1517 (262) €	1549 (304) €	1568 (229) €	1935 (309)
	S ₃	1429 (225) €	1309 (293) €	1547 (348) €	1591 (205) €	1965 (241)
TT/ R (N)	S ₁	155 (16) €	161 (25) €	145 (28) €	155 (24) €	199 (27)
	S ₂	157 (22) €	151 (26) €	155 (30) €	156 (23) €	193 (31)
	S ₃	142 (23) €	130 (30) €	155 (35) €	159 (21) €	196 (24)
CV (%)	S ₁	11 (6)	11 (8)	12 (10)	11 (6)	12 (10)
	S ₂	10 (8)	10 (6)	7 (2)	11 (8)	9 (4)
	S ₃	15 (9)	16 (16)	6 (2)	6 (2)	7 (2)
		AÇÃO OPOSTA				
TT (N)	S ₁	-	-	7 (15)	407 (247) ℄	365 (157) ℄
	S ₂	-	-	8 (15)	359 (125) ℄	448 (220) ℄
	S ₃	-	-	8 (15)	365 (147) ℄	432 (191) ℄
TT/ R (N)	S ₁	-	-	1 (2)	41 (25) ℄	37 (16) ℄
	S ₂	-	-	1 (2)	36 (13) ℄	45 (22) ℄
	S ₃	-	-	1 (2)	37 (15) ℄	43 (19) ℄

Nota: S₁ = série 1; S₂ = série 2; S₃ = série 3. ℄- diferente do CC; €- diferente do EE; p < 0,05.

Destaca-se que em todas as sessões experimentais a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar foram semelhantes entre si ($p > 0,05$), apresentando os seguintes resultados: CO = 27,6° (2,2) e 31,2% (10,8); CONV = 27,9° (1,7) e 35,5% (11,4); CC = 27,4° (1,9) e 29,5% (10,9); EC = 28,1° (2,6) e 31,2% (10,6); e EE = 27,1° (2,6) e 33,5% (17,1).

Na tabela 6, são apresentados os valores das variáveis cardiovasculares de repouso precedentes à realização das respectivas intervenções experimentais. Nota-se que nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada para a condição cardiovascular de repouso dos avaliados ($p > 0,05$).

Tabela 6. Valores de pressão arterial sistólica (PAS), média (PAM), diastólica (PAD) e frequência cardíaca (FC) precedente às respectivas intervenções experimentais. Dados expressos em média (desvio padrão) para 13 voluntários.

	CO	CONV	CC	EC	EE	p
PAS (mmHg)	113 (8)	111 (6)	116 (5)	112 (6)	111 (6)	0,238
PAM (mmHg)	86 (4)	83 (4)	87 (3)	84 (3)	84 (3)	0,058
PAD (mmHg)	70 (4)	67 (4)	71 (3)	68 (2)	68 (3)	0,051
FC (bpm)	78 (6)	75 (8)	78 (8)	80 (9)	79 (10)	0,541

Nota: CO = controle, CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico.

O efeito das diferentes ações musculares sobre as variáveis hemodinâmicas (PAS, PAM, PAD e FC) das três séries do exercício de extensão dos joelhos no dinamômetro isocinético estão apresentados nas Figuras 10 a 17. Como esperado, em todas as situações experimentais que envolveram exercício físico houve aumento estatisticamente significativo das variáveis hemodinâmicas em relação à sessão controle.

Conforme pode ser verificado na Figura 10, em todas as séries o aumento da PAS foi mais acentuado na sessão CONV do que nas demais sessões experimentais ($p < 0,05$). Além disso, na sessão CONV o aumento da PAS foi mais acentuado à medida que novas séries foram realizadas ($S1 < S2 < S3$; $p < 0,05$) e o aumento mais expressivo da PAS foi atingido na terceira série, momento em que a elevação dos valores médios da PAS atingiu 216 ± 18

mmHg. Na sequência, a sessão EE apresentou elevações mais acentuadas na PAS em relação às demais sessões experimentais (exceto em relação a primeira série da sessão EC; $p = 0,567$) e o aumento da PAS foi mais acentuado na sessão EE a partir da segunda série ($S3 = S2 > S1$; $p < 0,05$). Por fim, houve diferença estatisticamente significativa na terceira série entre as sessões EC e CC, de modo que na sessão EC os valores médios atingidos foram estatisticamente mais acentuados do que na sessão CC (3ª série – EC = 172 ± 2 mmHg vs CC = 159 ± 16 mmHg; $p = 0,006$).

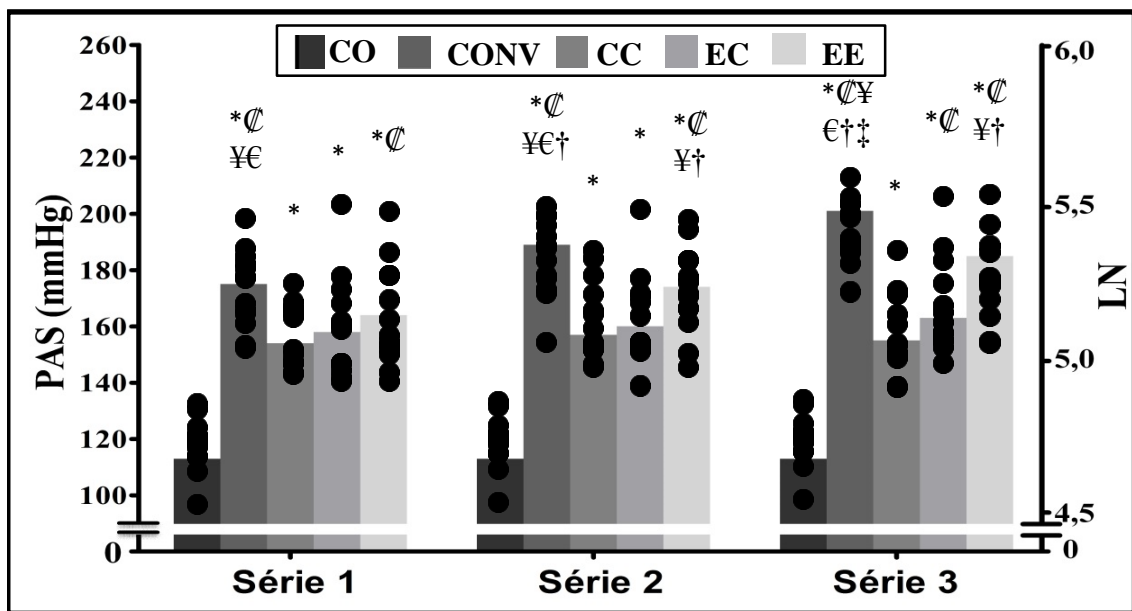


Figura 10. Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na pressão arterial sistólica (PAS) das três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético ($n = 13$).

Nota: Os círculos simbolizam os valores individuais expressos em logaritmo natural (LN) e as barras simbolizam a média dos valores picos atingidos em cada série das cinco sessões experimentais, a saber: CO = controle, CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico. ANOVA 2-way realizada com os valores de LN. *- maior que CO; #- maior que CONV; ℄- maior que CC; ¥- maior que EC; €- maior que EE; †- maior que a sua respectiva série 1; ‡- maior que a sua respectiva série 2; $p < 0,05$.

O comportamento dos valores pico da PAS, expressos a cada repetição nas três séries de exercício, estão apresentados na Figura 11. Os resultados da ANOVA demonstraram uma interação significativa entre as sessões ao longo das repetições ($p < 0,001$). Em todas as séries da sessão CONV houve um aumento da PAS significativamente mais acentuado na sétima repetição em relação às primeiras repetições de cada uma das séries (acréscimo médio de 19 mmHg). Além disso, a PAS da sessão CONV se elevou mais do que a PAS das sessões CC e

EC desde a primeira repetição, com uma média de +20 mmHg. Em relação à sessão EE a diferença média do acréscimo verificado na sétima repetição das três séries foi estatisticamente superior em favor da sessão CONV (acrécimo médio de +15 mmHg). Entretanto, a diferença do acréscimo na sétima repetição foi menor em relação à sessão EE do que em relação às sessões CC e EC (valores compilados das sessões CC e EC das três séries na sétima repetição = 148 mmHg vs. valores compilados das três séries na sétima repetição na sessão EE = 161 mmHg; $p < 0,05$). Em média, a diferença detectada na sétima repetição em relação à primeira repetição de cada uma das séries para a sessão EE foi de +16 mmHg. Todavia, os valores expressos na sétima repetição somente foram estatisticamente maiores do que os respectivos valores das sessões CC e EC nas últimas duas séries de exercício ($p < 0,05$). Notou-se ainda uma perda de linearidade na elevação da PAS da sessão EC na oitava repetição (acrécimo de 13 mmHg). Nenhuma modificação significativa foi verificada para o comportamento da PAS na sessão CC ao longo das três séries.

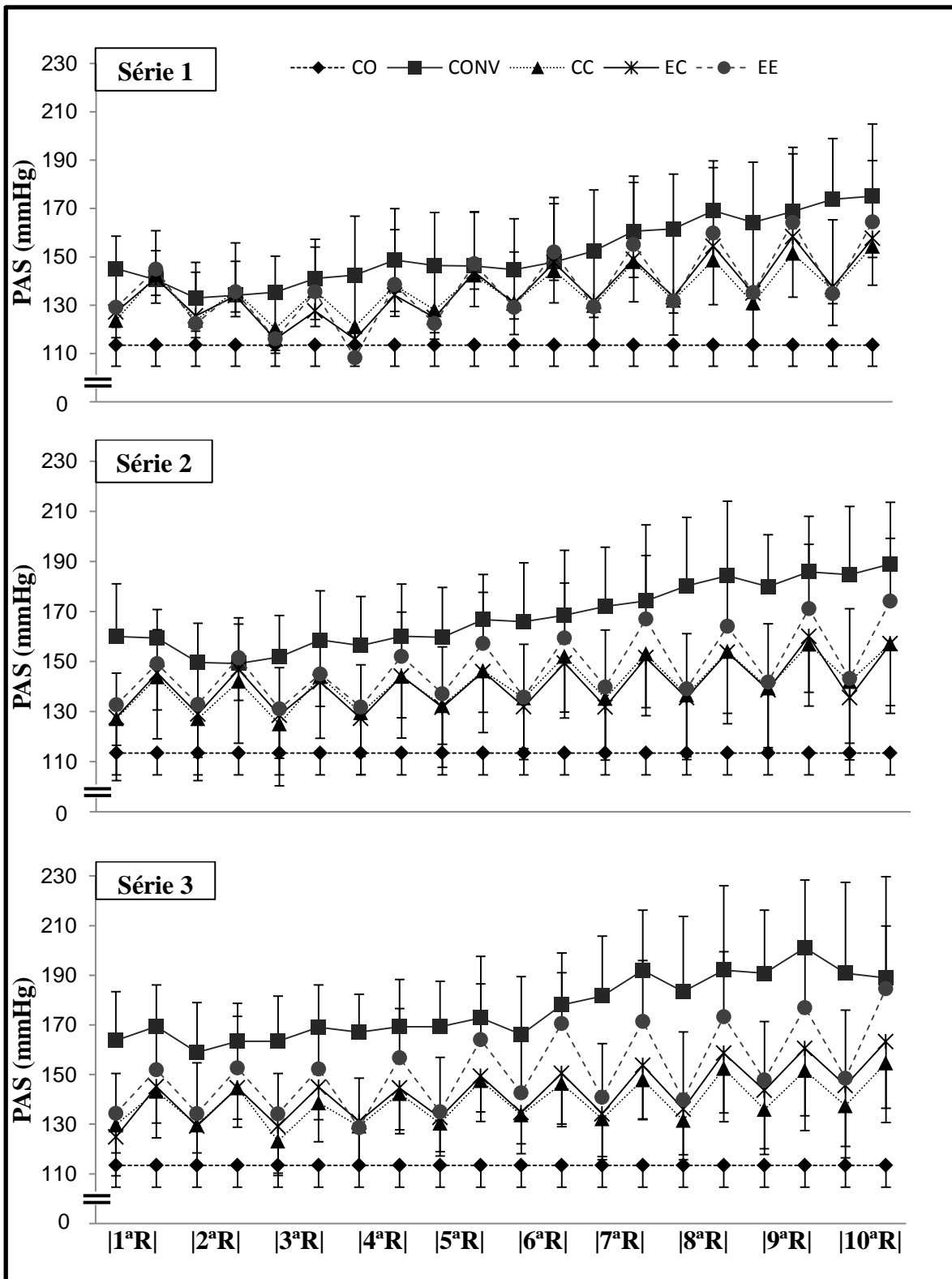


Figura 11. Efeito de diferentes ações musculares, repetição a repetição, sobre a pressão arterial sistólica (PAS) em homens jovens (n=13). Dados em média e desvio padrão.

Nota: CO = sessão controle, sem exercício; CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC. EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico; R = repetição.

Na Figura 12 são apresentados os valores médios da PAD em cada uma das séries de exercício para as cinco sessões experimentais (CO, CONV, CC, EC e EE). Com exceção da primeira série, em que nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada para os valores médios da PAD entre as sessões CONV e EE (1ª série – CONV = 114 ± 10 vs. EE = 112 ± 10 mmHg; $p = 0,318$), em todas as demais comparações o aumento da PAD foi mais acentuado na sessão CONV e, analogamente ao comportamento da PAS, o aumento da PAD na sessão CONV também foi mais acentuado à medida que novas séries foram sendo realizadas ($S1 < S2 < S3$; $p < 0,05$) com os valores mais expressivos sendo atingido na terceira série (143 ± 11 mmHg). Na sequência, a sessão EE apresentou elevações mais acentuadas na PAD em relação às demais sessões experimentais (CC e EC), e os valores encontrados na terceira série foram estatisticamente maiores do que os valores expressados nas duas séries anteriores (dados compilados das séries 1 e 2 = 115 ± 12 vs. Série 3 = 123 ± 16 mmHg; $p < 0,05$). Nenhuma diferença estatisticamente relevante foi verificada entre as sessões CC e EC ($p > 0,05$).

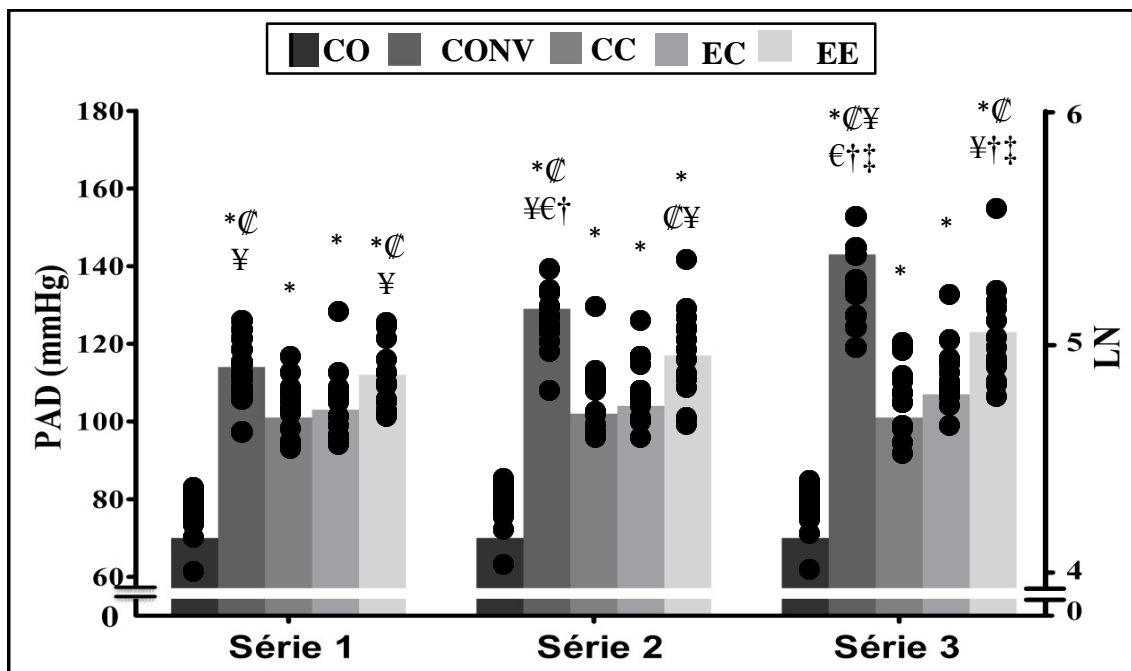


Figura 12. Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na pressão arterial diastólica (PAD) das três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético ($n = 13$).

Nota: Os círculos simbolizam os valores individuais expressos em logarítmo natural (LN) e as barras simbolizam a média dos valores picos atingidos em cada série das cinco sessões experimentais, a saber: CO = controle, sem exercício; CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60% do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE= sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico. ANOVA 2-way realizada com os valores de LN. *- maior que CO; #- maior que CONV; @- maior que CC; ¥- maior que EC; €- maior que EE; †- maior que a sua respectiva série 1; ‡- maior que a sua respectiva série 2; $p < 0,05$.

O comportamento dos valores pico da PAD, expressos a cada repetição, nas três séries de exercício estão apresentados na Figura 13. O comportamento dos valores pico (repetição a repetição) da PAD da sessão CONV demonstrou uma perda de linearidade a partir da sétima repetição, com um acréscimo médio de +9 mmHg em relação a primeira repetição em cada uma das séries. Na primeira série, a diferença estatisticamente significativa entre a sessão CONV com as demais sessões de exercício somente foram verificadas a partir da oitava repetição (em relação à sessão CC) e na décima repetição (em relação às sessões EC e EE). Contudo, na segunda série, houve diferença significativa entre a sessão CONV com as demais sessões de exercício somente foram verificadas a partir da terceira repetição (sessões CC e EC) e da oitava repetição em relação à sessão EE. Por fim, na terceira série, a diferença significativa entre a sessão CONV e as sessões CC e EE pode ser notada a partir da primeira repetição, fato este que somente acontece a partir da sétima repetição em relação à sessão EE. Ademais, os valores de PAD expressos nas três séries da sessão EE perderam sua linearidade de comportamento a partir da nona repetição (acrécimo médio de 5 mmHg em relação a sua primeira repetição em cada uma das séries), no entanto a elevação da PAD na sessão EE foi significativamente mais acentuada do que os respectivos valores verificados nas sessões CC e EC a partir da quarta e quinta repetições. Destaca-se, por fim, que nenhuma diferença significativa foi verificada entre as sessões CC e EC no curso das três séries de exercício.

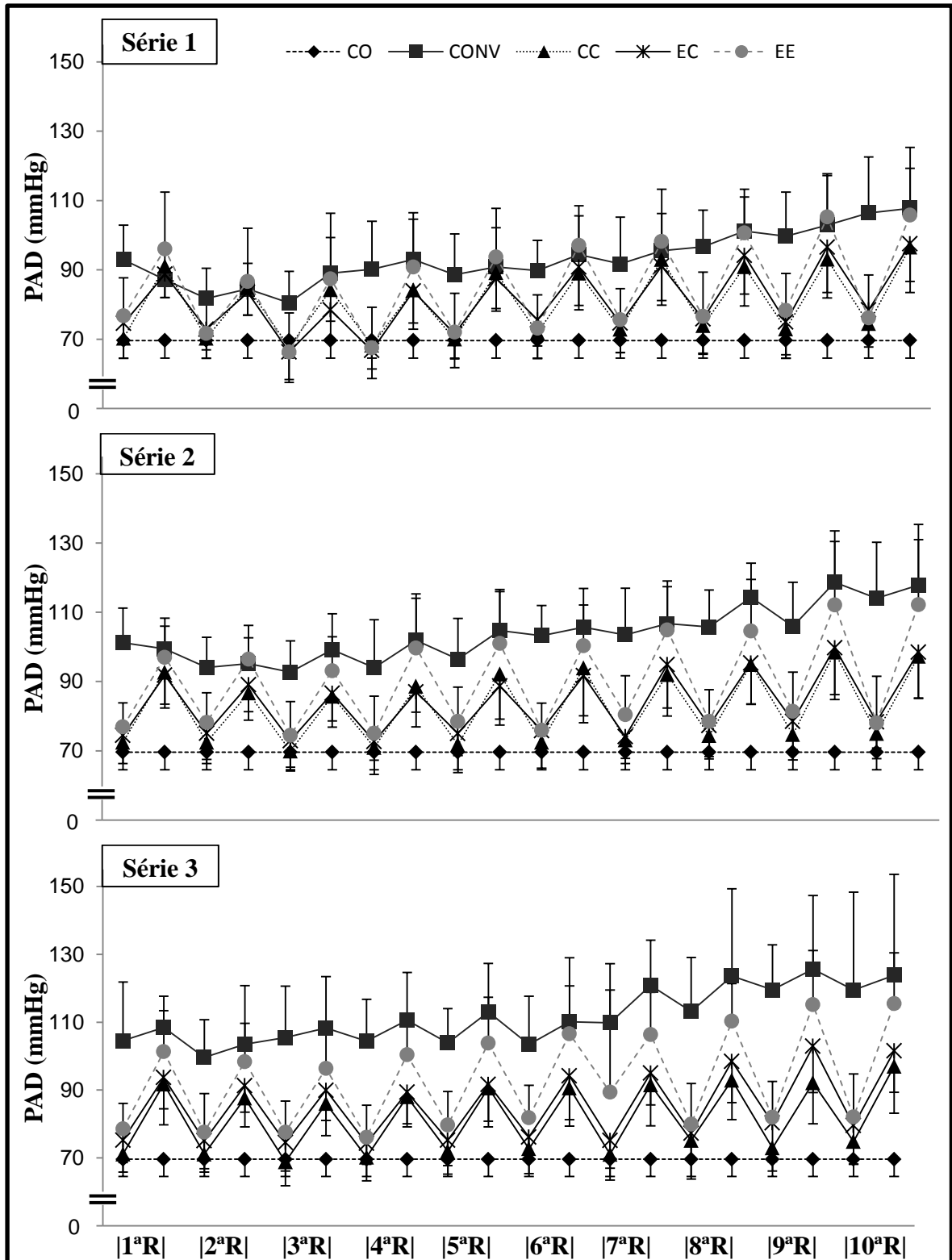


Figura 13. Efeito de diferentes ações musculares, repetição a repetição, sobre a pressão arterial diastólica (PAD) em homens jovens ($n = 13$). Dados em média e desvio padrão.

Nota: CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CO = sessão controle, sem exercício. CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC. EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico; R = repetição.

Na Figura 14 são apresentados os valores médios da PAM em cada uma das séries de exercício para as cinco sessões experimentais (CO, CONV, CC, EC e EE). Os valores médios de PAM expressos na sessão CONV foram significativamente maiores do que os valores expressos nas demais sessões experimentais e aumentou à medida que novas séries foram realizadas (S1 = 138 ± 12 , S2 = 153 ± 12 e S3 = 168 ± 13 mmHg; $p < 0,05$). Analogamente, em todas as séries os valores da sessão EE também foram significativamente maiores do que os valores expressos nas outras duas sessões experimentais (CC e EC) e aumentou à medida que novas séries são foram incorporadas (S1 = 130 ± 15 , S2 = 137 ± 14 e S3 = 144 ± 13 mmHg; $p < 0,05$). Na sequência, a sessão EC apresentou um aumento significativamente mais acentuado nos valores médios da PAM da terceira série em relação às duas séries anteriores (dados compilados das séries 1 e 2 = 123 ± 11 vs. Série 3 = 129 ± 11 mmHg; $p < 0,05$). Ademais, na terceira série os valores expressos na sessão EC foram significativamente maiores do que os valores expressos na sessão CC (CC = 120 ± 13 vs EC = 129 ± 11 mmHg; $p = 0,001$).

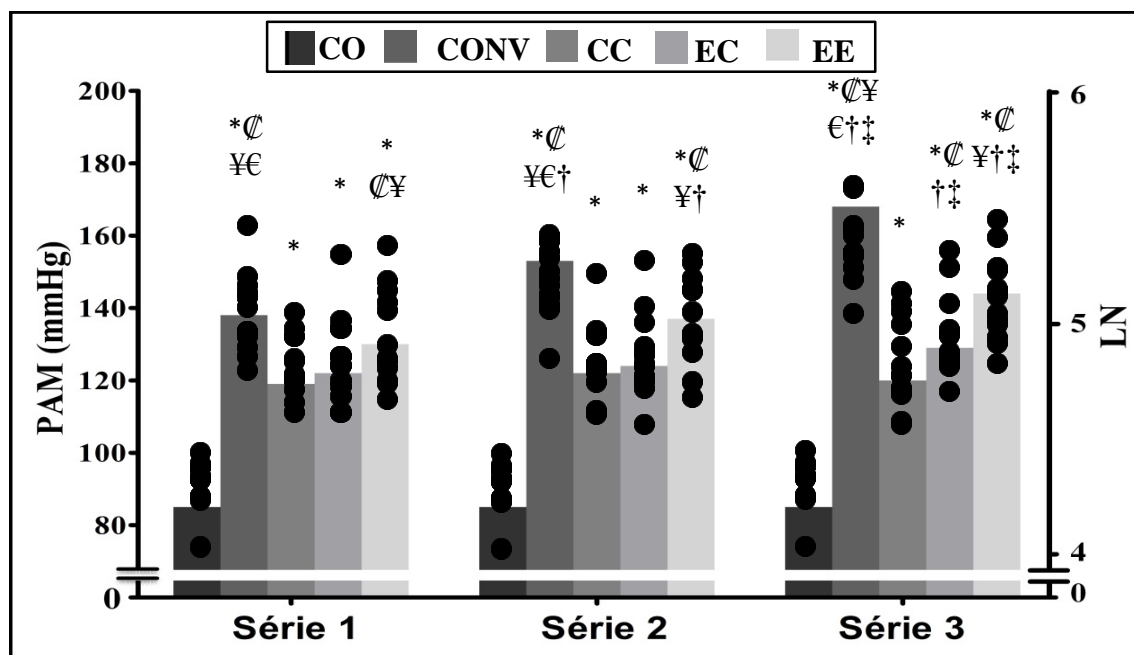


Figura 14. Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na pressão arterial média (PAM) das três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético ($n = 13$). **Nota:** Os círculos simbolizam os valores individuais expressos em logaritmo natural (LN) e as barras simbolizam a média dos valores picos atingidos em cada série das cinco sessões experimentais, a saber: CO = controle; CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico. ANOVA 2-way realizada com os valores de LN. *- maior que CO; #- maior que CONV; Ø- maior que CC; ¥- maior que EC; €- maior que EE; †- maior que a sua respectiva série 1; ‡- maior que a sua respectiva série 2; $p < 0,05$.

O comportamento dos valores pico da PAM, expressos a cada repetição nas três séries de exercício, estão apresentados na Figura 15. Para a PAM também houve uma interação significativa entre as sessões e as repetições ($p < 0,001$). Ao longo das séries não houve alterações significativas na sessão CO, porém todas as demais sessões em todas as repetições apresentaram valores de PAM superiores a ela ($p < 0,001$). Ao longo da primeira série a sessão CONV se eleva na sexta repetição, e começa a apresentar valores superiores aos das sessões CC e EC na oitava repetição ($p < 0,05$). Ainda na primeira série é encontrada uma diferença da sessão EE entre a sessão CC na oitava repetição e entre a sessão EC na nona repetição ($p < 0,05$). A sessão EE se eleva na oitava repetição, a sessão EC se eleva na nona repetição e a sessão CC se mantém estável ao longo da primeira série. As sessões CONV e EE são iguais e as sessões CC e EC também são iguais entre si na primeira série ($p > 0,05$). Na segunda série também não foram encontradas alterações significativas na sessão CO, porém as demais sessões em todas as repetições apresentaram valores de PAM superiores a ela ($p < 0,001$). A sessão CONV é diferente das sessões EC e CC desde a primeira repetição e da sessão EE a partir da sétima repetição, momento em que ela se eleva juntamente com a sessão EE ($p < 0,05$). A sessão EE passa a ser maior que as sessões EC e CC a partir da sétima repetição da segunda série ($p < 0,05$). Já as sessões EC e CC são iguais na segunda série ($p > 0,05$).

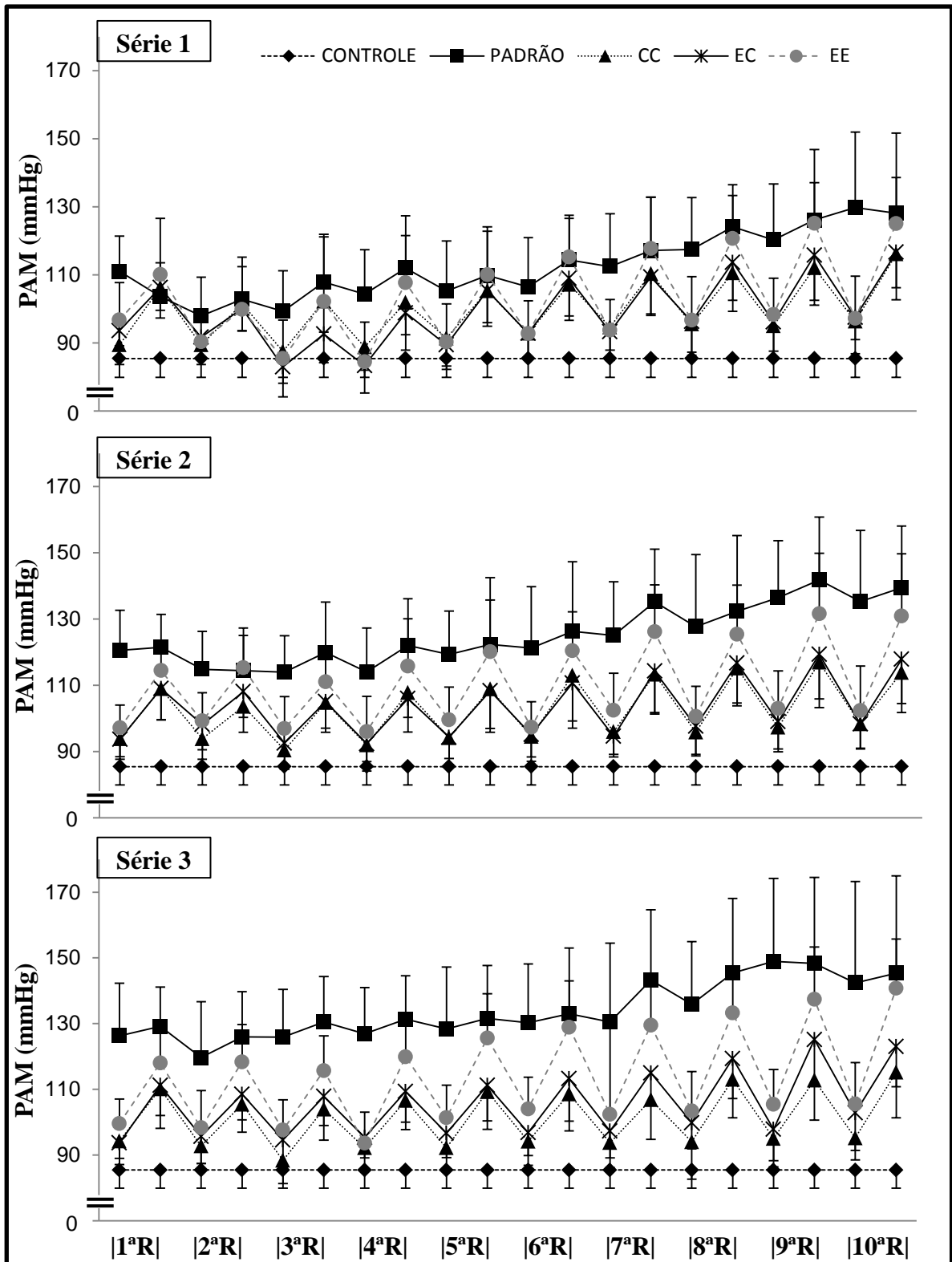


Figura 15. Efeito de diferentes ações musculares, repetição a repetição, sobre a pressão arterial média (PAM) em homens jovens ($n = 13$). Dados em média e desvio padrão.

Nota: CO = sessão controle, sem exercício; CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC. EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico; R = repetição.

Na Figura 16 são apresentados os valores médios da FC em cada uma das séries de exercício para as cinco sessões experimentais (CO, CONV, CC, EC e EE). Os valores médios de FC expressos na sessão CONV foram significativamente maiores do que os valores expressos nas demais e apresentou um aumento significativamente mais acentuado nos valores médios da terceira série em relação às duas séries anteriores (dados compilados das séries 1 e 2 = 121 ± 16 vs. Série 3 = 133 ± 18 mmHg; $p < 0,05$). Da mesma forma, os valores médios de FC expressos na sessão EE foram significativamente maiores do que os valores expressos nas três séries da sessão CC, contudo em relação à sessão EC a diferença estatisticamente significativa somente foi verificada na terceira série. Ademais, o aumento médio dos valores picos da terceira série da sessão EE foram estatisticamente maiores do que os verificados nas duas séries anteriores (dados compilados das séries 1 e 2 = 113 ± 11 vs. Série 3 = 123 ± 20 mmHg; $p < 0,05$). Por fim, nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada entre as sessões CC e EC ($p > 0,05$).

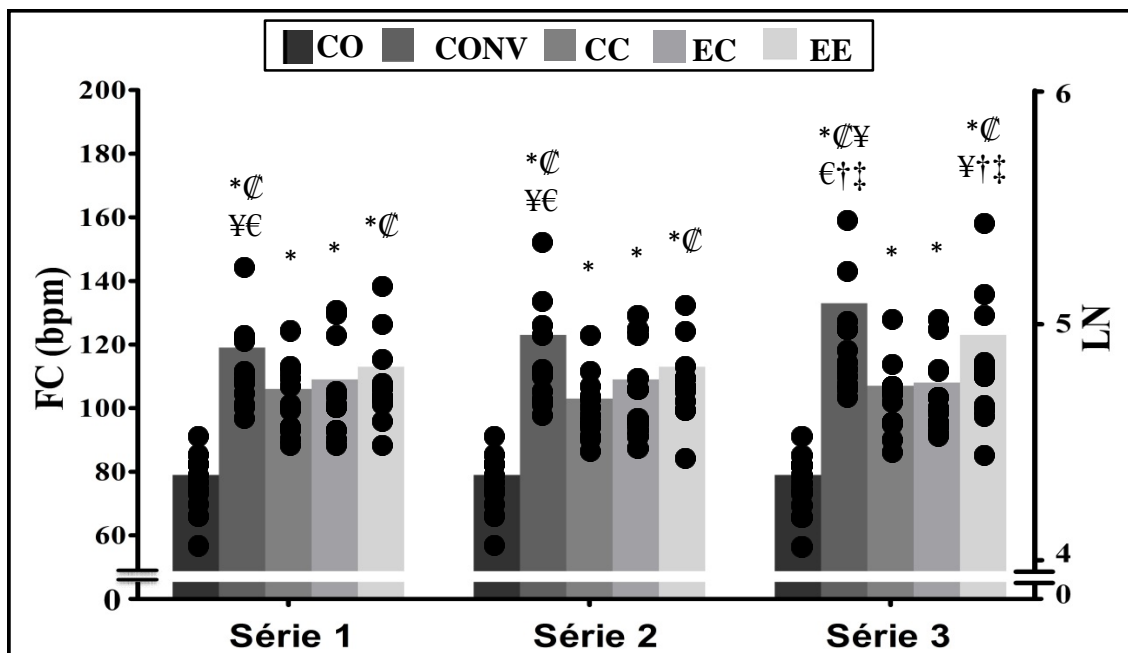


Figura 16. Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na frequência cardíaca (FC) das três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético ($n = 13$).

Nota: Os círculos simbolizam os valores individuais expressos em logaritmo natural (LN) e as barras simbolizam a média dos valores picos atingidos em cada série das cinco sessões experimentais, a saber: CO = controle, CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico. ANOVA 2-way realizada com os valores de LN. *- maior que CO; #- maior que CONV; @- maior que CC; ¥- maior que EC; €- maior que EE; †- maior que a sua respectiva série 1; ‡- maior que a sua respectiva série 2; $p < 0,05$.

O comportamento dos valores pico da FC, expressos a cada repetição nas três séries de exercício, estão apresentados na Figura 17. Como pode ser verificado os valores de FC da sessão CONV foram estatisticamente maiores do que os verificados para as sessões CC e EC nas três séries de exercício e em todas as repetições ($p < 0,05$). Contudo, em relação à sessão EE a diferença estatisticamente significativa somente foi verificada a partir da nona repetição da primeira série e da segunda repetição das séries subsequentes ($p < 0,05$). A perda de linearidade na elevação da frequência cardíaca ao longo das séries ocorreu na oitava repetição para a sessão EE. Nenhuma modificação estatisticamente relevante foi verificada para as sessões CC e EC.

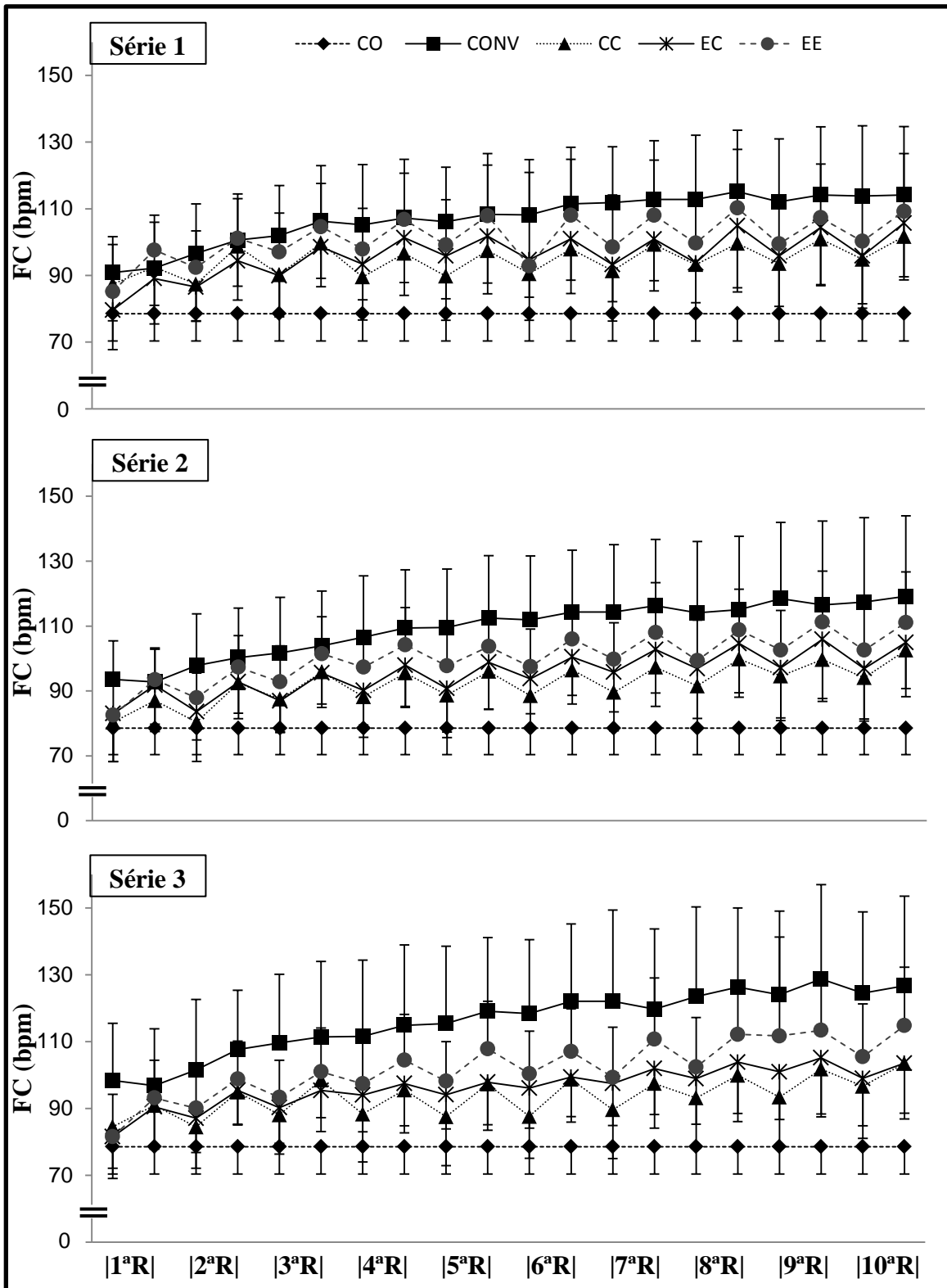


Figura 17. Efeito de diferentes ações musculares, repetição a repetição, sobre a frequência cardíaca (FC) em homens jovens (n=13). Dados em média e desvio padrão.

Nota: CO = sessão controle, sem exercício; CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60% do pico de torque excêntrico; R = repetição.

O efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na ativação neuromuscular (RMS) dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral, medidas por meio do percentual da ativação máxima dos respectivos músculos, e expressos pelos valores médios de cada série de exercício de extensão de joelhos realizados com o auxílio do dinamômetro isocinético estão apresentados na Figura 18. Para os músculos vasto lateral e vasto medial verificou-se que a ativação neuromuscular média da sessão CONV foi significativamente maior do que a ativação verificada nas demais sessões experimentais com exercício (CC, EC e EE; $p < 0,05$). Além disso, a ativação neuromuscular da sessão CONV foi progressivamente mais acentuada à medida que nova série de exercício era realizada ($S1 < S2 < S3$; $p < 0,05$). Para o vasto lateral, os valores de ativação verificados na sessão EE foram estatisticamente maiores do que os observados nas sessões EC e CC. Ademais, houve um aumento na ativação neuromuscular da terceira série da sessão EE em relação com a primeira série ($p = 0,030$). A ativação na sessão CC foi, em todas as séries, inferior a ativação da sessão EC, mesmo na terceira série em que houve uma elevação mais acentuada na ativação neuromuscular em relação às séries precedentes da sessão CC ($p < 0,05$). Para o músculo vasto medial, os valores de ativação das sessões EC e EE foram significativamente mais acentuados na terceira série de exercício em relação às duas séries precedentes ($S1 = S2 < S3$; $p < 0,05$). Contudo, especialmente para a primeira série, a ativação nas sessões EC e EE foram significativamente maiores do que a ativação na sessão CC ($p < 0,05$). Para o reto femoral a ANOVA identificou significância no fator sessão, ou seja, independentemente das séries de exercício a ativação neuromuscular da sessão CONV foi mais acentuada do que a ativação verificada nas demais sessões experimentais ($p < 0,001$).

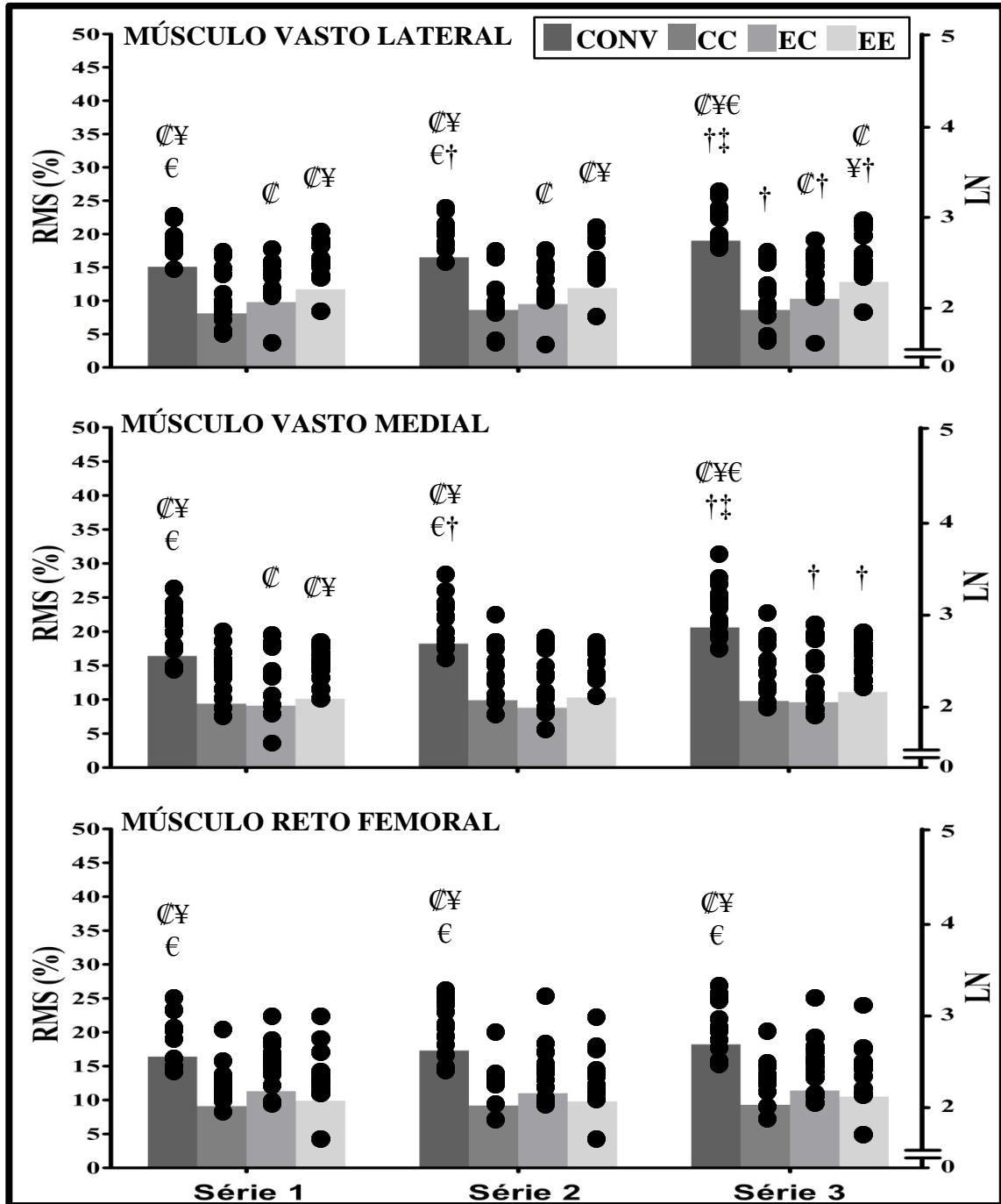


Figura 18. Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na ativação neuromuscular (RMS) dos músculos vasto lateral (parte superior da figura) vasto medial (parte intermediária da figura) e reto femoral (parte inferior da figura) nas três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético ($n = 13$).

Nota: Os círculos simbolizam os valores individuais expressos em logaritmo natural (LN) e as barras simbolizam a média dos valores picos atingidos em cada série das sessões experimentais com exercício, a saber: CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico. ANOVA 2-way realizada com os valores de LN. #- maior que CONV; ℄- maior que CC; ¥- maior que EC; €- maior que EE; †- maior que a sua respectiva série 1; ‡- maior que a sua respectiva série 2; $p < 0,05$.

O efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na fadiga muscular, avaliada por meio da frequência mediana, dos músculos de vasto lateral, vasto medial e reto femoral e expressas pelos valores médios de cada série de exercício de extensão de joelhos realizados com o auxílio do dinamômetro isocinético, estão apresentados na Figura 19. Para o músculo vasto lateral a ANOVA identificou significância no fator sessão, ou seja, ocorreu uma frequência mediana menos acentuada na sessão CONV em relação às sessões CC e EC, independentemente das séries. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada na frequência mediana entre as sessões CONV e EE, bem como entre as sessões CC, EC e EE ($p > 0,05$). Quanto ao músculo vasto medial, nenhuma diferença na frequência mediana estatisticamente significativa foi verificada entre as sessões ($p = 0,736$). Por fim, a ANOVA identificou interação significativa na frequência mediana de ativação do reto femoral entre os fatores sessão e série ($p = 0,006$). Com isto, a ativação neuromuscular da sessão CONV foi menor do que a ativação nas demais sessões experimentais (CC, EC e EE, $p < 0,05$). Além disso, verificou-se que na terceira série da sessão CONV uma redução significativa na frequência mediana de ativação em relação às duas séries precedentes ($p < 0,05$). Nenhuma alteração foi verificada na frequência mediana de ativação entre as sessões experimentais CC, EC e EE nas séries 1 e 2 ($p > 0,05$). Todavia, a frequência mediana de ativação da sessão CC na última série foi significativamente maior do que a verificada na sessão EC ($p = 0,031$). Nenhuma outra alteração significativa foi encontrada.

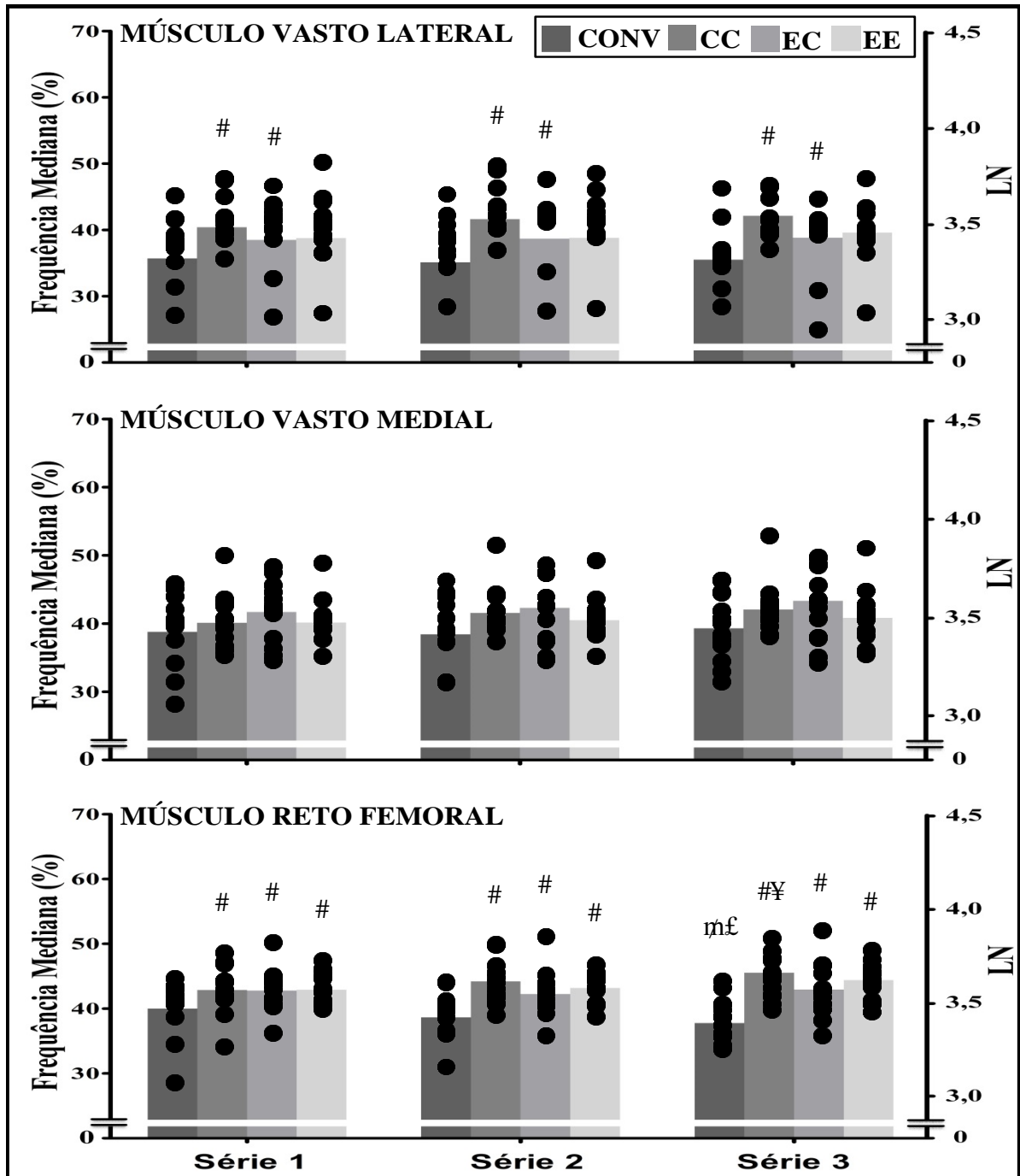


Figura 19. Efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica na fadiga muscular dos músculos vasto lateral (parte superior da figura) vasto medial (parte intermediária da figura) e reto femoral (parte inferior da figura) nas três séries do exercício de extensão dos joelhos, realizados com auxílio do dinamômetro isocinético ($n = 13$).

Nota: Os círculos simbolizam os valores individuais expressos em logarítmo natural (LN) e as barras simbolizam a média dos valores picos atingidos em cada série das sessões experimentais com exercício, a saber: CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico. ANOVA 2-way realizada com os valores de LN. #- maior que CONV; ¥- maior que EC; ¢- menor que a sua respectiva série 1; £- menor que a sua respectiva série 2; $p < 0,05$.

A concentração de lactato sanguíneo, medida por meio da diferença dos valores encontrados após cinco minutos do término do período de intervenção com àqueles verificados antes da intervenção em cada uma das sessões experimentais (CO, CONV, CC, EC e EE) está apresentada na Figura 20. Como esperado, em todas as situações experimentais que envolveram exercício físico houve aumento estatisticamente significativo da concentração de lactato em relação à sessão CO. Além disso, a concentração de lactato sanguíneo foi significativamente maior após a finalização da intervenção na sessão CONV do que nas demais sessões experimentais. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada entre as demais sessões experimentais (CC, EC e EE; $p > 0,05$).

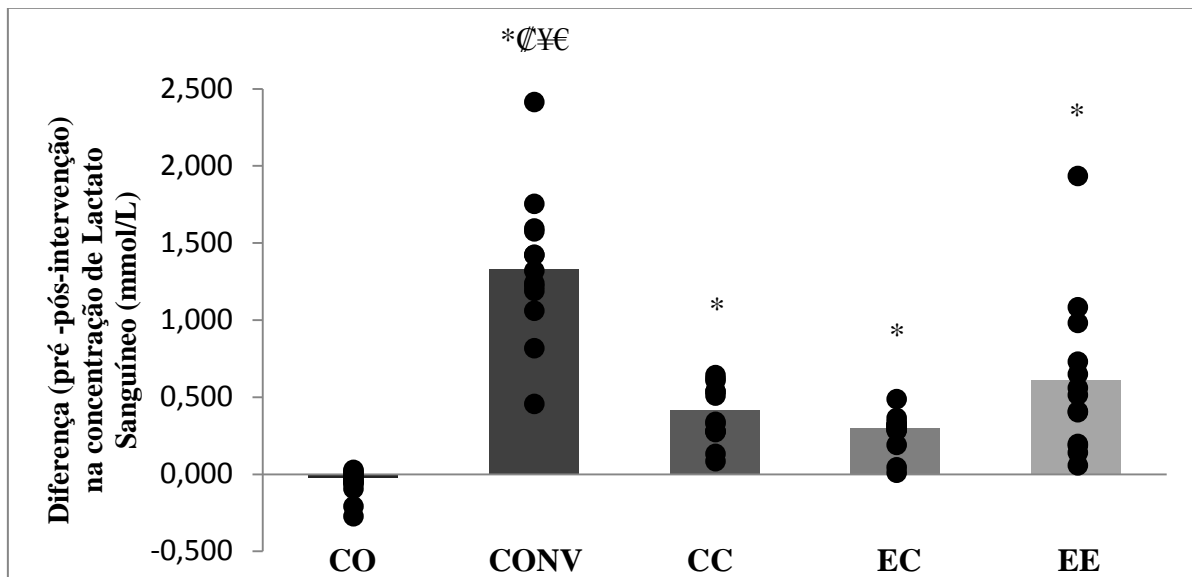


Figura 20. Concentração de lactato sanguíneo verificados por meio da diferença entre os valores encontrados antes e após cinco minutos do término da realização das ações musculares concêntrica e excêntrica em dinamômetro isocinético, com àqueles verificados antes do período de intervenção ($n = 13$).

Nota: Os círculos simbolizam os valores individuais e as barras simbolizam a média diferença na concentração de lactato das cinco sessões experimentais, a saber: CO = sessão controle; CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico. *- maior que CO; #- maior que CONV; Ø- maior que CC; ¥- maior que EC; €- maior que EE; $p < 0,05$.

A percepção subjetiva de esforço, avaliada por meio da escala de Omini-Res ao final de cada uma das intervenções (CO, CONV, CC, EC e EE) está apresentada na Figura 21.

Como esperado, em todas as situações experimentais que envolveram exercício físico houve aumento estatisticamente significativo da percepção subjetiva de esforço em relação à sessão CO. Além disso, a percepção subjetiva de esforço foi significativamente maior após a finalização da intervenção na sessão CONV do que nas demais sessões experimentais, seguida pela percepção verificada na sessão EE. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada entre as sessões CC e EC.

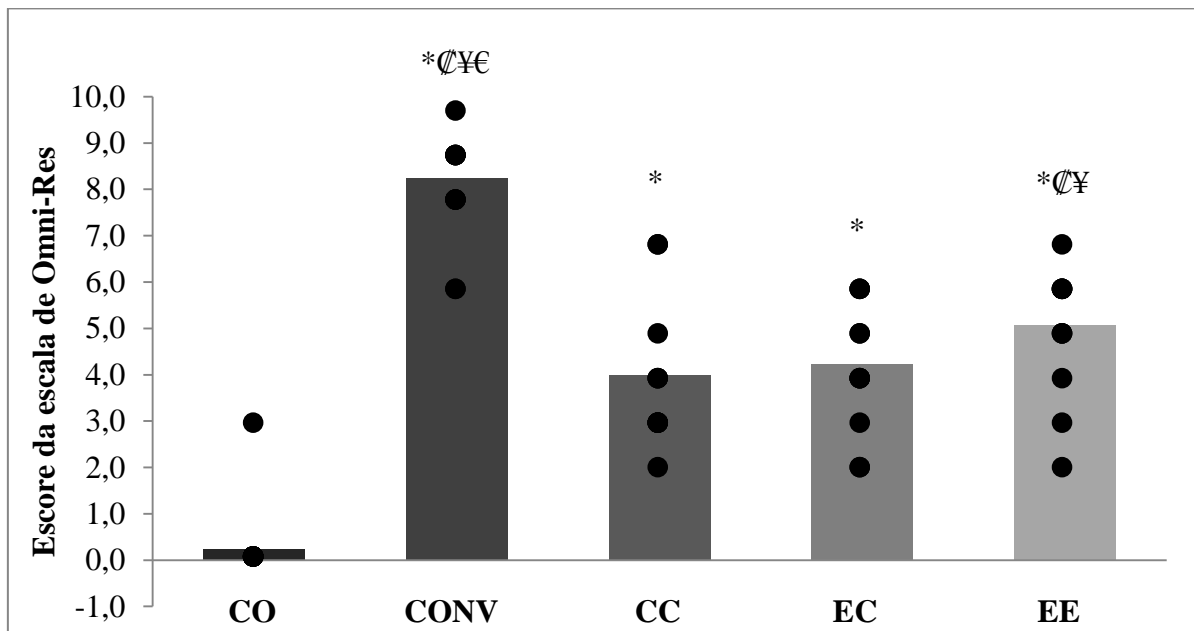


Figura 21. Percepção Subjetiva de Esforço, avaliada por meio da Escala Omini-Res imediatamente após a realização das ações musculares concêntrica e excêntrica em dinamômetro isocinético (n = 13).

Nota: Os círculos simbolizam os valores individuais e as barras simbolizam a média dos escores relatados após a finalização das cinco sessões experimentais, a saber: CO = sessão controle; CONV = sessão convencional, com realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com 60 % do pico de torque concêntrico (PTC); CC = sessão concêntrica realizada com 60 % do PTC; EC = sessão excêntrica realizada com 60 % do PTC; EE = sessão excêntrica realizada com 60 % do pico de torque excêntrico. *- maior que CO; #- maior que CONV; €- maior que CC; ¥- maior que EC; €- maior que EE; $p < 0,05$.

6 DISCUSSÃO

A presente dissertação de mestrado se propôs analisar o efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica nas respostas cardiovasculares de homens jovens e saudáveis, frente a exposição aguda ao exercício de extensão de joelhos, realizado com o auxílio do dinamômetro isocinético e com o emprego de resistência isoinercial. Os principais resultados encontrados neste estudo foram: i) o efeito da ação concêntrica e excêntrica nas respostas cardiovasculares foi dependente da associação das ações musculares envolvidas neste exercício; e, ii) a ação excêntrica promoveu aumento mais precoce, de maior magnitude e com maior duração nas respostas cardiovasculares do que a ação concêntrica.

O efeito das ações musculares concêntrica e excêntrica nos desfechos cardiovasculares investigados na presente investigação contrapõem os estudos disponíveis na literatura, uma vez que tem sido descrito que durante a realização do exercício resistido na ação concêntrica ocorre uma sobrecarga cardíaca maior, demarcada pela elevação mais acentuada da pressão arterial e da frequência cardíaca (THOMPSON et al., 1999; HORTOBAGYI e DeVITTA 2000; OVEREND et al., 2000; OKAMOTO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2008). É importante ressaltar que os desfechos encontrados nos estudos supracitados são oriundos de investigações que compararam o efeito das ações musculares nas respostas cardiovasculares mediante o emprego de repetições máximas (HORTOBAGYI e DeVITTA 2000) e submáximas (THOMPSON et al., 1999; OVEREND et al., 2000; OKAMOTO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2008). Assim, tem sido descrito que a capacidade de geração de força durante a ação excêntrica supera em aproximadamente 45% a capacidade de geração de força durante a ação concêntrica (OVEREND et al., 2000). No presente estudo, foi verificado que a ação muscular excêntrica apresentou, em média, um torque 37 % maior que a ação muscular concêntrica. Em que pese que a diferença de oito pontos percentuais com o que se evidencia na literatura pudesse estar atrelada às características individuais dos participantes deste estudo, ou seja, a idade, o sexo e o nível de treinamento, o fato é que a comparação das ações concêntrica e excêntrica mediante o mesmo torque absoluto deveria resultar numa resposta cardiovascular mais atenuada para a ação excêntrica, sobretudo em razão de que no mesmo torque absoluto, a capacidade de geração de força na ação excêntrica representa, aproximadamente, 1/3 da capacidade de geração de força na ação concêntrica.

Outra divergência relevante e que diz respeito aos desfechos encontrados nos estudos supramencionados é que neles há comparações de situações experimentais de mesma

intensidade absoluta (THOMPSON et al., 1999; OVEREND et al., 2000). Nesse sentido, o delineamento experimental da presente dissertação possibilitou a comparação das respostas cardiovasculares mediante o emprego da mesma intensidade absoluta (submáxima) ao comparar as ações musculares concêntrica (sessão CC) e excêntrica (sessão EC). As possíveis explicações para essas diferenças podem estar atreladas às características individuais dos participantes deste estudo. No presente estudo foram investigados adultos jovens, do sexo masculino e com tempo médio de destreinamento de 8,5 anos. Entretanto nos estudos de Thompson et al. (1999) e Overend et al. (2000) a população utilizada foi a de idosos, comparando com os adultos jovens, sabe-se que o idoso é mais fraco (JANSSEN e ROSS 2005), sofre modificações na composição das fibras musculares, sobretudo com a redução de fibras do tipo IIa e IIx (JANSSEN e ROSS 2005) e tem prejuízos mais acentuados na coordenação intra e intermusculares (JANSSEN e ROSS 2005). Ainda, em comparação com o sexo feminino, sabe-se que a mulher é mais fraca (LEITÃO et al., 2000), menos ativa, apresenta menos massa muscular, em especial, com menor proporção de fibras musculares do tipo IIa e IIx (LEITÃO et al., 2000). E, por fim, em comparação com o nível de treinamento, sabe-se que a ausência de estímulos acarreta em prejuízo na eficiência mecânica do movimento, atrofia muscular, entre outros (JANSSEN e ROSS 2005).

Dentre os aspectos supramencionados, é possível que o mais relevante deles seja a eficiência mecânica do movimento. É importante mencionar que, apesar da cautela em prover estímulos de familiarização, não é possível garantir com o presente estudo que a eficiência mecânica do movimento tenha sido a mesma entre as sessões CC e EC. De fato, no estudo de Linnamo et al., (2003), verifica-se que em intensidades leves (20 a 40 % da máxima contração isométrica voluntária) e alta (80 % da máxima contração isométrica voluntária) a ativação neuromuscular foi semelhante entre as ações musculares concêntrica e excêntrica. Contudo, na intensidade intermediária (60 % da máxima contração isométrica voluntária) a ativação neuromuscular da ação concêntrica foi maior do que a ativação da ação excêntrica. É importante destacar que alguns indicadores de ativação e fadiga foram monitorados no presente estudo e sinalizam que, apesar do mesmo torque absoluto, o desgaste na sessão EC parece ter sido maior do que na sessão CC. Assim, foi possível verificar que a fadiga muscular do músculo vasto lateral na terceira série foi maior na sessão EC do que na sessão CC ($p < 0,05$) e que o nível de ativação para o músculo vasto lateral (nas três séries) e vasto medial (na primeira série) foram maiores na sessão EC do que na sessão CC ($p < 0,05$).

Contudo nenhuma diferença estatisticamente significativa foi verificada para a percepção subjetiva de esforço e, tampouco, para a concentração sanguínea de lactato.

No clássico estudo de MacDougall et al., (1985), em que fisiculturistas altamente treinados realizaram o exercício de *leg press* com 95 % de uma repetição máxima, foi visto claramente que durante a ação muscular concêntrica a PAM eleva-se em maior magnitude em relação a ação muscular excêntrica. Os autores especularam que esses resultados foram encontrados por conta da maior tensão suportada pela ação muscular excêntrica, onde o esforço seria menor e assim também promoveria um estresse cardiovascular de menor magnitude. Todavia, é importante destacar que a característica de resistência isoinercial do movimento, independentemente da ação muscular concêntrica ou excêntrica, comprime mecanicamente os vasos sanguíneos periféricos que irrigam os músculos ativos, desencadeando uma exacerbada elevação da resistência vascular periférica (TAYLOR et al., 1995) e, conseqüentemente, redução da perfusão tecidual do músculo (LOCKWOOD et al., 2005). A resultante funcional deste ajuste hemodinâmico é o comprometimento proporcional da capacidade de geração de força à medida que o fluxo sanguíneo reduz (WERNBOM et al., 2009). Assim, com o intuito de compensar a perfusão tecidual diminuída, há aumento na ativação do sistema nervoso simpático (CARRASCO et al., 1999) que gera aumento no débito cardíaco e, sobretudo, na pressão arterial (MacDOUGALL et al., 1985; FALKEL et al., 1992; CARRASCO et al., 1999; THOMPSON et al., 1999; HORTOBÁGYI e DeVITTA, 2000; OVEREND et al., 2000; VALEEJO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2008). É importante mencionar que a magnitude desta resposta hemodinâmica se relaciona diretamente com o nível tensional gerado, ou seja, com a intensidade do esforço e com a área muscular ativada (MITCHELL et al., 1980; LEWIS et al., 1985; FALKEL et al., 1992). De fato, no presente estudo, as elevações mais expressivas dos valores hemodinâmicos ocorreram na sessão CONV, a qual aliou maior trabalho total. Na seqüência, os maiores incrementos foram verificados na sessão EE, a qual aliou maior intensidade absoluta (37 % acima dos estímulos realizados nas sessões realizadas com referência ao pico de torque concêntrico) e eficiência mecânica do movimento, possivelmente, comprometida. Por fim, a interrupção momentânea e abrupta da oclusão vascular, decorrente do retorno passivo à fase inicial do movimento nas sessões CC, EC e EE contribuiu para que a elevação da pressão arterial fosse menos atenuada do que na sessão CONV e, além disso, colaborou ainda para que a resposta hemodinâmica fosse mais acentuada frente a maior intensidade absoluta, neste caso durante a ação excêntrica (sessão EE).

A intensidade empregada no presente estudo foi de 60 % do pico de torque concêntrico (sessões CONV, CC e EC) e excêntrico (sessão EE). A intensidade que fez referência ao pico de torque concêntrico foi consoante a intensidade empregada em outras pesquisas, como foi o caso dos estudos de Carrasco et al., (1999), Thompson et al., (1999) e Overend et al., (2000). Nestes estudos, o protocolo de exercício considerou a intensidade de 50 % do teste máximo concêntrico para ambas as ações musculares. Todavia, mesmo com as semelhanças entre os protocolos, o presente trabalho apresentou resultados diferentes dos estudos disponíveis na literatura que demonstraram maiores respostas cardiovasculares frente à realização da ação muscular concêntrica.

É importante mencionar ainda que, no presente estudo, os pesquisadores solicitaram aos participantes que não realizassem a manobra de Valsalva, uma vez que é sabido que a simples realização dela pode acarretar numa elevação adicional das respostas cardiovasculares ao exercício (MacDOUGALL et al., 1985), gerando um maior trabalho cardíaco (McCARTNEY 1999). Sabe-se ainda, que este tipo de manobra é mais utilizada durante a realização da ação muscular concêntrica do movimento, fato que pode ter provocado respostas mais acentuadas durante esta ação muscular em alguns estudos disponíveis na literatura, pois os mesmos não relataram o controle da sua realização (HORTOBÁGYI E DeVITTA, 2000; OKAMOTO et al., 2006; VALEEJO et al., 2006; OKAMOTO et al., 2008).

Para a mesma intensidade relativa, ou seja, quando as ações musculares foram comparadas por meio do percentual de seu respectivo pico de torque as respostas cardiovasculares foram mais acentuadas mediante a ação muscular excêntrica. É importante destacar que a ativação neuromuscular da sessão EE foi superior a ativação verificada nas outras sessões experimentais (CC e EC). Esses resultados contrapõem os estudos de Sczepanski et al. (1991) e Grabiner e Owings (2002), os quais verificaram uma maior ativação neuromuscular durante a ação muscular concêntrica. Parte dessas diferenças, podem ser explicadas pelo protocolo de exercício e de comparação adotados nos diferentes estudos. Nos estudos de Sczepanski et al. (1991) e Grabiner e Owings (2002) foram comparadas as ações musculares concêntrica e excêntrica na capacidade máxima de geração de força de cada uma delas, ao passo que na presente investigação esta comparação ocorreu em níveis submáximos de esforço. Assim, é possível que no curso de geração de força (força leve para a máxima) possa haver modificação na ativação neuromuscular de acordo com a ação muscular. Ademais, a PSE após a realização das ações musculares concêntrica e excêntrica com a mesma intensidade relativa (CC e EE) foi maior na ação excêntrica. Esse resultado também

vai de encontro aos resultados encontrados na literatura, que demonstram uma maior PSE após a realização da ação muscular concêntrica com a mesma intensidade relativa, mas auxilia na explicação de que a diminuição na eficiência mecânica do movimento possa contribuir para um maior estresse cardiovascular (HORTOBAGYI e DeVITTA 2000). Por fim, a fadiga muscular, medida pela frequência mediana, e o desgaste metabólico, medido pelo lactato sanguíneo, não foram diferentes entre as ações musculares realizadas na mesma intensidade relativa. Porém apesar das semelhanças entre elas, a fadiga muscular durante ação muscular excêntrica foi igual ao da sessão padrão, já a ação muscular concêntrica apresentou diferenças. Também, a concentração de lactato sanguíneo foi maior durante a ação muscular excêntrica realizada na mesma intensidade relativa (EE), quando comparada a mesma ação realizada na mesma intensidade absoluta (EC) que a ação muscular concêntrica (CC). Assim esses resultados indicam que apesar das semelhanças entre si, parece haver maior fadiga e um maior desgaste metabólico durante a ação muscular excêntrica realizada na mesma intensidade relativa que a ação muscular concêntrica.

Como limitação do estudo destacamos que a velocidade angular de movimento empregada na identificação do pico de torque foi de 60°/s. No entanto, a velocidade angular de movimento empregada durante as intervenções das sessões experimentais (CONV, CC, EC e EE) foi de 45°/ s. Esta diferença, certamente, provocou variação na intensidade relativa, de modo que não é possível afirmar que a intensidade relativa do presente estudo foi de 60 % do pico de torque. Contudo, é importante mencionar que a opção por se avaliar o pico de torque em 60 °/ s foi devido à comparação com demais estudos da literatura. Em contrapartida, a opção de se empregar 45°/ s na velocidade angular do movimento durante as intervenções experimentais foi em razão da necessidade de se parametrizar a cadência do movimento, bem como o tempo total despendido de dois segundos destinado à ativação de cada uma das ações musculares. Por fim, destaca-se que a possível interveniência na diferença da velocidade angular do movimento, oriunda entre a identificação do pico de torque e da realização das respectivas intervenções, foi semelhante em todas as sessões experimentais com exercício (CONV, CC, EC e EE) no presente estudo, de tal maneira que esta diferença provavelmente não influenciou na significância dos resultados da presente investigação científica.

Como aplicação prática sugerimos que se tenha cautela na utilização da ação muscular excêntrica em exercícios em dinamômetro isocinético, principalmente em populações que não podem sofrer grandes elevações na pressão arterial, como cardiopatas e hipertensos.

7 CONCLUSÃO

A exposição aguda ao exercício, realizado com o auxílio do dinamômetro isocinético e com o emprego de resistência isoinercial em adultos jovens e saudáveis desencadeia respostas cardiovasculares mais exacerbadas durante a ação muscular excêntrica do que na ação concêntrica. Estas respostas mais acentuadas parecem estar vinculadas à intensidade empregada, bem como à menor eficiência mecânica do movimento realizado. A ativação neuromuscular parece ser maior durante a realização da ação muscular excêntrica, sobretudo quando realizada em maior intensidade. A concentração de lactato parece ser igual após a realização das diferentes ações musculares. E a percepção subjetiva de esforço é maior após a realização da ação muscular excêntrica realizada na mesma intensidade relativa.

REFERÊNCIAS

AQUINO, Cecília F; VAZ, Daniela V; BRÍCIO, Rachel S; SILVA, Paula LP; OCARINO, Juliana M; FONSECA, Sergio T. A Utilização da Dinamometria isocinética nas ciências do esporte e reabilitação. **R Bras Ci e Mov**, v. 15, n. 1, p. 93-100, 2007.

BASMAJIAN, John V; DE LUCA Carlo J. Muscles alive - their functions revealed by electromyography. 5 ed. **Baltimore: Willians & Wilkins**, p. 555, 1985.

BORG, Gunnar AV. Physical Performance and perceived exertion. **J Lund: Gleerup**, 1-63, 1962.

BOS, Willem JW; VAN GOUDOEVER, Jeroen; VAN MONTFRANS, Gert A; VAN DEN MEIRACKER, Anton H; WESSELING, Karel H. Reconstruction of brachial artery pressure from noninvasive finger pressure measurement. **Circulation**, v. 94, p. 1870-1875, 1996.

CARRASCO, Dario I; DELP, Michael D; RAY, Chester A. Effect of concentric and eccentric muscle actions on muscle sympathetic nerve activity. **J Appl Physio**, v. 86, n. 2, p. 558-563, 1999.

CARREGARO, Rodrigo L; CUNHA, Rafael R; CARDOSO, Jefferson R; PINTO, Ronei S; BOTTARO, Martim. Efeitos da ordem de pré-ativação dos músculos antagonistas nas respostas neuromusculares dos extensores do joelho. **Rev Bras Fisioter**, v. 15, n. 6, p. 452-459, 2011.

CHEN, Michael J; FAN, Xitao; MOE, Sandra T. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. **J Sports Sci**, v. 20, n. 11, p. 873-99, 2002.

CRYER, Philip E. Physiology and pathophysiology of the human sympathoadrenal neuroendocrine system. **N Engl J Med**, v. 303, n. 8, p. 436-44, 1980.

ESCAMILLA, Rafael F; BABB, Eric. DEWITT, Ryan; JEW, Patrick; KELLEHER, Peter; BURNHAM, Toni; BUSCH, Juliann; D'ANNA, Kristen; MOWBRAY, Ryan; IMAMURA,

Rodney T. Electromyographic Analysis of Traditional and Nontraditional Abdominal Exercises: Implications for Rehabilitation and Training. **Phys Ther**, v. 86, n. 5, p. 656-671, 2006.

ESTON, Roger. Use of ratings of perceived exertion in sports. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 7, n. 2, p. 175-82, 2012.

FALKEL, Jeffrey E; FLECK, Steven J; MURRAY, Thomas F. Comparison of Central Hemodynamics Between Powerlifters and Bodybuilders During Resistance Exercise. **J Appl Sport Sci Res**, v. 6, n. 3, p. 24-35, 1992.

GORDON, Claire C; CHUMLEA, Willian C; ROCHE, Alex F. Stature, recumbent length, and weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martoreli R. (Ed.) Anthropometric Standardizing Reference Manual. **Champaign, Illinois: Human Kinetics Books**, p. 3-8, 1988.

GRABINER, Mark D; OWINGS, Tammy M. EMG differences between concentric and eccentric maximum voluntary contractions are evident prior to movement onset. **Exp Brain Res**, v. 145, n. 4, p. 505-511, 2000.

HERMENS, Hermie J; FRERIKS, Bart; DISSELHORST-KLUG, Catherine; RAU Günter. Development of recommendation for SEMG sensor and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 5, p. 361-74, 2000.

HIGBIE, Elizabeth J; CURETON, Kirk J; WARREN, Gordon L; PRIOR, Barry M. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. **J Appl Physio**, v. 81, n. 5, p. 2173-2181, 1996.

HORTOBÁGYI, Tibor; DEVITA, Paul. Favorable Neuromuscular and Cardiovascular Responses to 7 Days of Exercise With an Eccentric Overload in Elderly Women. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 55, n. 8, p. B401-410, 2000.

JANSSEN, Ian; ROSS, Robert. Linking age-related changes in skeletal muscle mass and composition with metabolism and disease I. **The Journal of Nutrition**, v. 9, n. 6, p. 408-419, 2005.

LAGALLY, Kristen M; ROBERTSON, Robert J. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 2, p. 252-6, 2006.

LEITÃO, Marcelo B; LAZZOLI, José K; OLIVEIRA, Marcos AB; NÓBREGA, Antônio CL; SILVEIRA, Geraldo G; CARVALHO, Tales; FERNANDES, Eney O; LEITE, Neiva; AYUB, Alice V; MICHELS, Glaycon; DRUMMOND, Felix A; MAGNI, João RT; MACEDO, Cleyton; De ROSE, Eduardo H. Posicionamento Oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte: Atividade Física e Saúde na Mulher. **Rev Bras Med Esporte**, v. 6, n. 6, p. 215-220, 2000.

LEWIS, Steven F; SNELL, Peter G; TAYLOR, WF; HAMRA, Mary; GRAHAM, Robert M; PETTINGER, Willian A; BLOMQUIST, C Gunnar. Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. **J Appl Physiol**, v. 58, n. 1, p. 146-151, 1985.

LINNAMO, Vessa; MORITANI, Toshio; NICOL, Cate; KOMI, Paavo V. Motor unit activation patterns during isometric, concentric and eccentric actions at different force levels. **J Electromyogr Kinesio**, v. 13, n. 1, p. 93-101, 2003.

LOCKWOOD, Jennifer M; WILKINS, Brad W; HALLIWILL, John R. H1 receptor-mediated vasodilatation contributes to postexercise hypotension. **J Physiol**, v. 563, n. pt 2, p. 633-642, 2005.

MACDOUGALL, JD; TUXEN, D; SALE, Digby G; MOROZ, JR; SUTTON, JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. **J. Appl. Physiol.**, v. 58, n. 3, p. 785-790, 1985.

MCARDLE, Willian D; KATCH, Frank I; KATCH, Victor L. Fisiologia do Exercício: Nutrição, Energia e Desempenho Humano, 7º edição brasileira. São Paulo: **Editora Guanabara Koogan**, 2011.

MEDIANO, Mauro FF; PARAVIDINO, Vitor; SIMÃO, Roberto; PONTES, Francisco L; POLITO, Marcos D. Comportamento subagudo da pressão arterial após o treinamento de força em hipertensos controlados. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, n. 6, p. 337-340, 2005.

MERLETTI, Roberto. Standards for reporting EMG data (ISEK/1999). **J Electromyogr Kinesio**, v. 9, p. 3-4, 1999.

MITCHELL, Jere H; PAYNE, FC; SALTIN, B; SCHIBYE, B. The role of muscle mass in the cardiovascular response to static contractions. **J Physio.**, v. 309, 45-54, 1980.

MORITANI, Toshio; MURAMATSU, Sigheru; MURO, Massuo. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. **Am J Phys Med**, v. 66, n. 6, 338-350, 1987.

OKAMOTO, Takanobu; MASUHARA, Mitisuhiko; IKUTA, Komei. Cardiovascular responses induced during high-intensity eccentric and concentric isokinetic muscle contraction in healthy young adults. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 26, n. 1, p. 39-44, 2006.

OKAMOTO, Takanobu; MASUHARA, Mitisuhiko; IKUTA, Komei. Relationship between plasma endothelin-1 concentration and cardiovascular responses during high-intensity eccentric and concentric exercise. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 28, n. 1, p. 43-48, 2008.

OVEREND, Tom J; VERSTEEGH, Theo H; THOMPSON, Elisabeth; BIRMINGHAM, Trevor B; VANDERVOORT, Anthony A. Cardiovascular Stress Associated With Concentric and Eccentric Isokinetic Exercise in Young and Older Adults. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 55, n. 4, p. B177-182, 2000.

O'CONNOR, Patrick J; POUDEVIGNE, Melanie S; PASLEY, Jeffrey D. Perceived exertion responses to novel elbow flexor eccentric action in women and men. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 5, p. 862-868, 2002.

SCZEPANSKI, Thomas; GROSS, Michael T; DUNCAN, Pamela W; CHANDLER, Julie M. Effect of Contraction Type, Angular Velocity, and Arc of Motion on VM0:VL EMG Ratio. **Jospt**, v. 14, n. 6, p. 256-262, 1991.

SOUSA, Patrícia FM; PINHEIRO, Fabiano; MONGE, Douglas; PIRES, Flávio O. Pressão arterial e PSE em múltiplas séries de exercício resistido de diferentes intensidades. **R Bras Ci e Mov**, v. 18, n. 10, p. 26-33, 2010.

TAYLOR, JA; HALLIWILL, JR; BROWN, TE; HAYANO, J; ECKBERG, DL. 'Non-hypotensive' hypovolaemia reduces ascending aortic dimensions in humans. **J Physiol**, v. 483, n. pt 1, p. 289-298, 1995.

TERRERI, ASAP; GREVE, JMD; AMATUZZI, MM. Avaliação isocinética no joelho do atleta. **Rev Bras Med Esporte**, v. 7, n. 2, p. 62-66, 2001.

THOMPSON, Elizabeth; VERSTEEGH, Theo H; OVEREND, Tom J; BIRMINGHAM, Trevor B; VANDERVOORT, Anthony A. Cardiovascular responses to submaximal concentric and eccentric isokinetic exercise in older adults. **J Aging Phys Activ**, v. 7, n. 1, p. 20-31, 1999.

THOMPSON, Walter R; GORDON, Neil F; PESCATELLO, Linda S; et. al. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 8. ed. Rio de Janeiro, **Guanabara Koogan**, 2010.

VALLEJO, Alberto F; SCHROEDER, Edward T; ZHENG, Ling; JENSKY, Nicole E; SATTLER, Fred R. Cardiopulmonary responses to eccentric and concentric resistance exercise in older adults. **Age and Ageing**, v. 35, n. 3, p. 291-7, 2006.

VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. Sociedade Brasileira de Cardiologia / Sociedade Brasileira de Hipertensão / Sociedade Brasileira de Nefrologia. **Arq Bras de Cardiol**, v. 95, n. 1 (supl. 1), p. 50, 2010.

WERNBOM, Mathias; JÄRREBRING, Rickard; ANDREASSON, Mikael A; AUGUSTSSON, Jesper. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 8, p. 2389-2395, 2009.

APÊNDICE

APENDICÊ 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da pesquisa:

“EFEITO DA AÇÃO MUSCULAR EXCÊNTRICA E CONCÊNTRICA SOBRE RESPOSTAS CARDIOVASCULARES AO EXERCÍCIO EM DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) a participar da pesquisa “EFEITO DA AÇÃO MUSCULAR EXCÊNTRICA E CONCÊNTRICA SOBRE RESPOSTAS CARDIOVASCULARES AO EXERCÍCIO EM DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO”, realizada no Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina. O objetivo da pesquisa é de avaliar se diferentes formas de contrair o músculo durante o exercício de musculação pode interferir no seu coração ou nos seus vasos sanguíneos. A sua participação é muito importante e ela se dará da seguinte forma: Inicialmente, você irá passar por uma bateria de testes para confirmar se o seu peso e a sua pressão arterial estão dentro dos limites de normalidade. Na sequência, você realizará um teste para saber qual é sua capacidade de fazer força, entretanto para realização desde teste você passará por algumas sessões de adaptação que serão importantes para que você se familiarize com os exercícios que irá realizar para testar a sua força. Após isso você irá realizar quatro diferentes sessões de testes, sendo cada uma delas realizada em um único dia da semana por 4 semanas. Em todas as sessões você realizará os mesmos exercícios das sessões de familiarização, entretanto, durante a execução do exercício os movimentos realizados poderão ser completos (em que você fará força tanto para aproximar como para distanciar o peso do seu corpo), ou parciais (em que você fará força somente para aproximar ou somente para distanciar o peso do seu corpo). Além disso, ainda haverá uma sessão em que você não fará nada, que chamamos de sessão controle. Antes e após cada uma dessas sessões serão realizadas, no laboratório do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina, algumas medidas para avaliar o funcionamento do seu coração, da sua pressão arterial e o nível de cansaço do seu corpo através de uma gota do seu sangue, que será retirada do lóbulo da orelha. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Para tanto, nós nos comprometemos armazenar todo o material biológico a ser coletado com único fim de eventuais confirmações de resultados. Após o término do projeto e disseminação de seus resultados, o respectivo material armazenado e não utilizado, será descartado dentro das normas de biossegurança do Hospital Universitário da Universidade Estadual de Londrina.

Os benefícios esperados são: 1) você fará uma avaliação física para saber o seu peso ideal; 2) fará um check-up cardíaco; 3) ao final da sua participação, você receberá uma orientação a cerca da pratica do exercício de musculação e de uma boa alimentação.

Informamos que o(a) senhor(a) não pagará nem será remunerado por sua participação.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contatar (**CRIVALDO GOMES CARDOSO JUNIOR**, Rod. Celso Garcia Cid, km 380 - Campus Universitário - Cx Postal 6001 - Londrina - PR CEP 86051-990, TELEFONE (43) 96784527, (43) 33714139), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Kock, nº 60, ou no telefone 33712490. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 2014.

Pesquisador Responsável

RG:: _____

_____ (nome por extenso do sujeito de pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

Obs: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, deve ser incluído o campo para assinatura do menor e do responsável.

ANEXOS

ANEXO 1: Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
 Universidade Estadual de Londrina
 Registro CONEP 5231

Parecer CEP/Uel:	020/2013
CAAE:	12019113.3.0000.5231
Data da Relatoria:	11/03/2013
Pesquisador(a):	Crivaldo Gomes Cardoso Junior
Unidade/Órgão:	CEFE – Programa de Pós-Graduação em Educação Física Associado - UEM/Uel

Prezado(a) Senhor(a):

O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina" (Registro CONEP 5231) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:

"EFEITO DA AÇÃO MUSCULAR EXCÊNTRICA E CONCÊNTRICA SOBRE RESPOSTAS CARDIOVASCULARES E AUTONÔMICAS PÓS-EXERCÍCIO RESISTIDO"

Situação do Projeto: **Aprovado**

Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá ser encaminhado ao CEP/Uel relatório final da pesquisa, conforme prevê a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares.

Londrina, 15 de março de 2013.

Prof. Dra. Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli
 Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos
 Universidade Estadual de Londrina



ANEXO 2: Ficha de Triagem do Risco Cardiovascular

FICHA DE TRIAGEM DE RISCO CARDIOVASCULAR

Nome: _____

Endereço: _____

Telefone (cel): _____

Data de nascimento: _____

Telefone (res): _____

Risco eminente

(n) problema cardíaco – ataque cardíaco, cirurgia, doença

(n) sente desconforto no peito com o exercício

(n) costuma sentir falta de ar

(n) costuma sentir tonturas, desmaios

(n) tem outros problemas de saúde. Qual?

(n) toma algum remédio?

Remédio	Dose	Veze/dia	Finalidade

Observações: _____

Fatores de risco

Relação sexo/idade	() sim	() não	
Hereditariedade	() sim	() não	Quem/idade?
Diabetes	() sim	() não	Valor ___ mg/dL () jejum () pós-p
Dislipidemia	() sim	() não	Valor ___ mg/dL () jejum () pós-p
Hipertensão	() sim	() não	PA repouso _____ x _____ mmHg
Obesidade	() sim	() não	P: ___ kg A: ___ m CC: ___ cm CA: ___
Tabagismo	() sim	() não	() até 10/dia () 10-20/dia () >20

Data: ____/____/____

Assinatura: _____

ANEXO 3: Escala de OMNI-RES

