

Wandris Pinheiro Andrade

**IMPACTO DA PRESCRIÇÃO DE DIFERENTES INTENSIDADES DO
ALONGAMENTO, CONTROLADAS DE FORMA OBJETIVA E SUBJETIVA, NAS
RESPOSTAS MECÂNICA E SENSORIAL DA UNIDADE MÚSCULO TENDÃO**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

2019

Wandris Pinheiro Andrade

**IMPACTO DA PRESCRIÇÃO DE DIFERENTES INTENSIDADES DO
ALONGAMENTO, CONTROLADAS DE FORMA OBJETIVA E SUBJETIVA, NAS
RESPOSTAS MECÂNICA E SENSORIAL DA UNIDADE MÚSCULO TENDÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção de título de Mestre em Ciências do Esporte.

Área de concentração: Treinamento Esportivo

Linha de pesquisa: Análise de métodos para o desempenho humano e esportivo


Orientador: Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade

Belo Horizonte

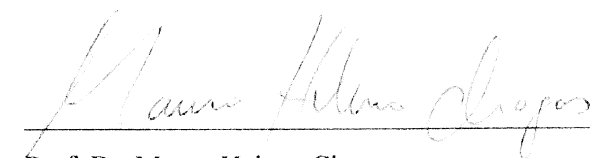
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

2019


A Dissertação intitulada "**Impacto da Prescrição de Diferentes Intensidades do Alongamento, Controladas de Forma Objetiva e Subjetiva, nas Respostas Mecânica e Sensorial da Unidade Músculo Tendão**", de autoria do mestrando **Wandris Pinheiro Andrade**, defendida em 01 de julho de 2019, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:



Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade (Orientador)
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais



Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais



Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido (À DISTÂNCIA)
Universidade Federal do Maranhão

*Como o Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido participou da Banca à distância, o Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade, presidente da comissão, assinará a ata em nome do mesmo e terá validade de 60 dias. Procedimento aprovado pelo colegiado de Pós-Graduação em Ciências do Esporte.

Belo Horizonte, 01 julho de 2019.

Dedico este trabalho a minha mãe (Geralda), meu pai (Deusdeth), minha esposa Letícia e aos professores que tive ao longo do caminho da minha aprendizagem, especialmente, Prof^a. Virgínia, Prof^a. Jacielle e Prof. André Gustavo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre me guiar para o caminho correto.

Aos meus pais (Geralda e Deusdeth) que abriram mão de seus sonhos para que os meus fossem realizados. Estes foram as maiores referências que tive e que terei em toda a vida. Eles me ensinaram o valor pela vida, os princípios morais, discernir o certo do errado e esteve presente e apoiando em todas as minhas jornadas. Obrigado aos meus irmãos que também estiveram comigo em diversas jornadas.

À minha amada esposa (Letícia Corrêa Faria Andrade). Essa acreditou e acredita muito no meu potencial, “*together forever*”. Obrigado meu Deus por colocar essa bondosa, carinhosa, dedicada, honesta e inteligente mulher na minha vida. Sem essa guerreira tudo seria mais difícil.

Gratidão Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade, abriu as portas do Biolab para mim com uma receptividade única e incomparável. Aceitou ser meu orientador em 2015 na especialização e já acumulamos a segunda parceria em orientação e conhecimento compartilhado. Meus sinceros agradecimentos por todos os ensinamentos, apoio e pela confiança. O senhor é minha referência de ética e dedicação pelo que faz.

Ao Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas, pelos ensinamentos e por seu auxílio com importantes contribuições na realização desta pesquisa. O senhor é um exemplo de profissional a ser seguido.

Aos membros da banca de defesa por terem aceitado o convite para fazerem parte desse processo.

Aos brasileiros por custear meus estudos em uma universidade pública.

Aos professores da EEEFTO e aos amigos de laboratório - BIOLAB (em especial Luiz Maculan e Matheus Milanez).

Aos voluntários que alteraram diversas vezes suas rotinas diárias para participarem de todas as etapas desta pesquisa. Gratidão e admiração pelo comprometimento, pois sem vocês isso não seria possível.

Agradeço a todas as pessoas que cruzaram o meu caminho nessa jornada: amigos, colegas de trabalho e irmãos acadêmicos. Obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para o sucesso deste trabalho.

“Três trilhas virtuosas para o sucesso: ensinar o que se sabe, praticar o que ensina e perguntar o que se ignora.”

(Mário Sérgio Cortella)

RESUMO

Tradicionalmente, o desempenho da flexibilidade é mensurado pela amplitude de movimento máxima ($ADM_{MÁX}$). Esta capacidade física está inserida em diversos contextos, da reabilitação de lesões musculoesqueléticas e da prática esportiva. Apesar da flexibilidade ser fundamental em diversas áreas, aspectos relacionados a intensidade de estímulo ao alongamento, bem como, a forma de controlá-la subjetivamente durante o treinamento e a forma de determiná-la a partir do *continuum* de tolerância ao alongamento ainda não foram explorados. O objetivo do presente estudo foi comparar o efeito agudo da prescrição de duas intensidades de alongamento, controladas de forma objetiva (CO) e subjetiva (CS), nas respostas mecânica (Torque $_{MÁX}$, rigidez e energia) e sensorial ($ADM_{MÁX}$, primeira sensação de alongamento (ADM_{PSDA} e Torque $_{PSDA}$), sensação de alongamento correspondente ao ponto médio entre ADM_{PSDA} e $ADM_{MÁX}$ ($ADM_{50\%}$ e Torque $_{50\%}$)) da unidade músculo - tendão (UMT). Participaram deste experimento, dezesseis homens, com idade entre 21-31 anos. Os voluntários passaram por duas sessões de familiarização, uma sessão controle e, aleatoriamente por meio do quadrado latino, por quatro diferentes condições de treinamento (intensidade - Torque $_{PSDA}$ e Torque $_{50\%}$, na qual foram controladas de forma subjetiva e/ou objetiva), separadas em um intervalo de 48 a 72h. Foram realizadas seis séries de 30s de alongamento na musculatura posterior da coxa, para cada condição, no aparelho isocinético (*Flexmachine*). A análise dos resultados foi realizada a partir da modificação média absoluta entre (pós) – (pré) teste. A ANOVA *two way* com medidas repetidas não demonstrou diferença significativa entre as formas de controlar a intensidade (CS *versus* CO) para nenhuma das variáveis do estudo, independente da intensidade de alongamento. Para o fator intensidade (Torque $_{PSDA}$ *versus* Torque $_{50\%}$), foi demonstrado, após o treinamento, o aumento significativo da $ADM_{MÁX}$ em ambas as intensidades, sendo este significativamente maior para a intensidade Torque $_{50\%}$ ($9,39^\circ$) ($p < 0,05$), em comparação com a intensidade Torque $_{PSDA}$ ($6,32^\circ$). Houve redução da rigidez e da energia para ambas as intensidades ($p < 0,05$), sem diferença entre as intensidades Torque $_{PSDA}$ ($-0,074 \text{ Nm}^0$; $-19,648 \text{ Nm}^{*0}$) e Torque $_{50\%}$ ($-0,118 \text{ Nm}^0$; $-25,804 \text{ Nm}^{*0}$) ($p > 0,05$), respectivamente. As variáveis Torque $_{MÁX}$, $ADM_{50\%}$, Torque $_{50\%}$ e ADM_{PSDA} aumentaram somente para a intensidade Torque $_{50\%}$, respectivamente ($10,71 \text{ Nm}$; $9,32^\circ$; $4,94 \text{ Nm}$; $6,41^\circ$) ($p < 0,05$). Não foi demonstrado diferença do Torque $_{PSDA}$ para a intensidade Torque $_{PSDA}$ ($-0,57$), Torque $_{50\%}$ ($1,13 \text{ Nm}$) e CON ($-0,48 \text{ Nm}$) ($F_{(1,15)} = 0,305$; $p = 0,589$). Desta forma, é possível concluir que a proposta do CS, do presente estudo, demonstrou-se eficaz no controle da intensidade, pois ambas as intensidades (Torque $_{PSDA}$ e Torque $_{50\%}$), determinadas a partir do *continuum* de tolerância ao alongamento, foram eficientes no aumento da $ADM_{MÁX}$. A intensidade Torque $_{50\%}$ promoveu aumentos em maior magnitude, possivelmente, por ter proporcionado alterações sensoriais e mecânicas na UMT.

Palavras-chave: Flexibilidade. Comportamento viscoelástico. *Continuum* de tolerância ao alongamento. Intensidade de alongamento. Isquiotibiais. Rigidez passiva.

ABSTRACT

Traditionally, the performance of flexibility is measured by the maximum range of motion (ROM_{MAX}). This physical capacity is inserted in several contexts, rehabilitation musculoskeletal injuries and sports practice. Although flexibility is fundamental in several areas, aspects related to the intensity of stimulus to stretching, as well as how to control it subjectively during training and how to determine it from the *continuum* of tolerance to stretching have not yet been explored. The aim of the present study was to compare the acute effects of prescription of two stretching intensities, controlled objectively and subjectively, on mechanical responses (maximum torque (Torque_{MÁX}, stiffness, energy) and sensory (ROM_{MAX}, first sensation of stretching (ROM_{FST} e Torque_{FST}), sensation corresponding to the midpoint between the ROM_{FST} and the ROM_{MAX} (ROM_{50%} e Torque_{50%}) of the muscle - tendon unit (UMT). Participated in this experiment sixteen men, aged between 21-31 years. The volunteers underwent two familiarization sessions, one control session and, randomly across the Latin square, four training conditions (intensity – Torque_{FST} and Torque_{50%}, in which they were subjectively and / or objectively controlled), separated by interval of 48 to 72 hours. Six sets of 30s of stretch were performed on the hamstring muscles, for each condition, in the isokinetic dynamometer (*Flexmachine*). The analysis of the results was performed from the absolute mean change between (post) - (pre) test. The two-way ANOVA with repeated measures did not find a significant difference between the ways of controlling intensity (CS versus CO) for any of the study variables, regardless of the intensity of stretching. For the intensity factor (Torque_{FST} versus Torque_{50%}), it was demonstrated, after training, the significant increase of ROM_{MAX} in both intensities, being this one significantly higher for the intensity Torque_{50%} (9.39 °) ($p < 0.05$), compared to the Torque_{FST} intensity (6.32 °). There was a reduction in stiffness and energy for both intensities ($p < 0.05$), with no difference between Torque_{FST} (-0,074 Nm / °; -19,648 Nm * °) and Torque_{50%} (-0,118 Nm / °; -25,804 Nm * °) ($p > 0.05$), respectively. The variables Torque_{MÁX}, ROM_{50%}, Torque_{50%} and ROM_{FST} increased only for the intensity Torque_{50%}, respectively (10,71 Nm, 9,32 °, 4,94 Nm, 6,41 °) ($p < 0,05$). No difference in Torque_{FST} was found for intensity Torque_{FST} (-0.57), Torque_{50%} (1.13 Nm) and CON (-0.48 Nm) ($F_{(1,15)} = 0,305$; $p = 0,589$). Thus, it can be concluded that the CS proposal, of the present study, has been shown to be effective in controlling intensity, since both intensities (Torque_{FST} and Torque_{50%}), determined from the *continuum* of tolerance to stretching, were efficient in the increase of ROM_{MAX}. The Torque_{50%} intensity increases in greater magnitude, possibly, because it provided sensory and mechanics changes in UMT.

Keywords: Flexibility. Viscoelastic behavior. *Continuum* of stretching tolerance. Stretching intensity. Hamstrings. Passive stiffness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Apresentação do decurso temporal	26
FIGURA 2 - Desenho experimental	29
FIGURA 3 - Aparelho <i>Flexmachine</i>	31
FIGURA 4 - Representação esquemática do cálculo da rigidez passiva e energia...36	
FIGURA 5 - Exemplo de um protocolo de alongamento (CO).....38	
FIGURA 6 - Exemplo de um protocolo de alongamento (CS)	39
FIGURA 7 - Média e desvio padrão das intensidades de treinamento (CS X CO)....41	
FIGURA 8 - Média e desvio padrão da modificação da $ADM_{MÁX}$ (intensidades)	48
FIGURA 9 - Média e desvio padrão da modificação da $ADM_{MÁX}$ entre (CO x CS)....49	
FIGURA 10 - Média e desvio padrão da modificação do $Torque_{MÁX}$ (intensidades)..50	
FIGURA 11- Média e desvio padrão da modificação do $Torque_{MÁX}$ entre (CO x CS)50	
FIGURA 12 - Média e desvio padrão da modificação da $ADM_{50\%}$ (intensidades)	52
FIGURA 13 - Média e desvio padrão da modificação da $ADM_{50\%}$ entre (CO x CS) ..52	
FIGURA 14 - Média e desvio padrão da modificação do $Torque_{50\%}$ (intensidades)..54	
FIGURA 15- Média e desvio padrão da modificação do $Torque_{50\%}$ entre (CO x CS) 54	
FIGURA 16 - Média e desvio padrão da modificação da ADM_{PSDA} (intensidades)....56	
FIGURA 17 - Média e desvio padrão da modificação da ADM_{PSDA} entre (CO x CS) 56	
FIGURA 18 - Média e desvio padrão da modificação do $Torque_{PSDA}$ (intensidades) 57	
FIGURA 19- Média e desvio padrão da modificação do $Torque_{PSDA}$ entre (COxCS) 58	
FIGURA 20 - Média e desvio padrão da modificação da rigidez (intensidades)	59
FIGURA 21 - Média e desvio padrão da modificação da rigidez entre (CO x CS)60	
FIGURA 22 - Média e desvio padrão da modificação da energia (intensidades)	61
FIGURA 23 - Média e desvio padrão da modificação da energia entre (CO x CS) ...62	

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Característica da amostra	25
TABELA 2 - Resultados da análise de confiabilidade da medida.....	46
TABELA 3 - Análise das condições de treinamento para o momento pré-teste	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	-	Amplitude de movimento
ADM _{MÁX}	-	Amplitude de movimento máxima
ADM _{PSDA}	-	Amplitude de movimento correspondente ao momento em que foi percebida a primeira sensação de alongamento
ADM _{50%}	-	Amplitude de movimento correspondente a média entre a ADM da primeira sensação de alongamento (ADM _{PSDA}) e a ADM da tolerância máxima ao alongamento (ADM _{MÁX}).
ANOVA	-	Análise de variância
BIOLAB	-	Laboratório de Biomecânica
CAAE	-	Certificado de Apresentação para Apreciação
CCI	-	Coefficiente de correlação intraclasse
CENESP	-	Centro de Excelência Esportiva
CO	-	Controle objetivo
COEP	-	Comitê de ética e pesquisa
CON	-	Condição Controle
CS	-	Controle subjetivo
CV	-	Coefficiente de variação
<i>DasyLab</i>	-	<i>Data Acquisition System Laboratory</i>
DP	-	Desvio Padrão
EEFFTO	-	Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
EPM	-	Erro padrão de medida
IHM	-	Interface homem- máquina
INT	-	Intensidade
η^2	-	<i>Eta Squared</i>
MMII D/E	-	Membros inferiores (direito e/ ou esquerdo)
PSDA	-	Primeira sensação de alongamento
RP	-	Rigidez passiva
RSI	-	Repetição sem intervalo
RST	-	Relaxamento sob tensão

s	-	Segundos
SC	-	Sensação constante
SF1	-	Sessão de Familiarização 1
SF2	-	Sessão de Familiarização 2
ST1	-	Sessão de treinamento 1
ST2	-	Sessão de treinamento 2
ST3	-	Sessão de treinamento 3
ST4	-	Sessão de treinamento 4
SPSS	-	<i>Statistics Package for Social Science</i>
TC	-	Torque constante
TCLE	-	Termo de consentimento livre e esclarecido
Torque _{MÁX}	-	Torque máximo
Torque _{PSDA}	-	Torque correspondente ao ponto da ADM _{PSDA}
Torque _{50%}	-	Torque correspondente ao ponto da ADM _{50%}
TR	-	Torque de resistência
UFMG	-	Universidade Federal de Minas Gerais
UMT	-	Unidade Músculo-Tendão
URA	-	Umidade relativa do ar
ω	-	Poder estatístico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO.....	21
1.2 HIPÓTESES	22
2 MATERIAIS E MÉTODOS	23
2.1 CUIDADOS ÉTICOS.....	23
2.2 CÁLCULO AMOSTRAL	23
2.3 AMOSTRA.....	24
2.4 PROCEDIMENTOS.....	25
2.4.1 Familiarização.....	26
2.4.2 Sessão controle	28
2.4.3 Sessão treinamento	29
2.5 INSTRUMENTAÇÃO E MEDIDAS	30
2.5.1 Medidas antropométricas.....	30
2.5.2 Aparelho <i>Flexmachine</i>	31
2.5.3 Posicionamento dos voluntários	34
2.6 PROTOCOLO DE TESTE	34
2.6.1 ADM_{PSDA} , $Torque_{PSDA}$, $ADM_{50\%}$ e $Torque_{50\%}$, $ADM_{MÁX}$ e $Torque_{MÁX}$	34
2.6.2 Rigidez passiva e energia.....	35
2.7 PROTOCOLO DE TREINAMENTO.....	37
2.7.1 Exercícios de alongamento muscular	37
2.7.2 Intensidade do alongamento.....	37
2.7.3 Controle da intensidade (CO) e (CS)	38
2.7.3.1 Controle Objetivo (CO)	38
2.7.3.2 Controle Subjetivo (CS).....	39
2.7.4 Comparação das intensidades (SUBJETIVA <i>versus</i> OBJETIVA).....	40
2.8 OPERACIONALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO ESTUDO.....	41
2.8.1 $ADM_{MÁX}$ e $Torque_{MÁX}$	41
2.8.2 ADM_{PSDA} e $Torque_{PSDA}$	42
2.8.3 $ADM_{50\%}$ e $Torque_{50\%}$	42
2.8.4 Rigidez passiva e energia.....	42

2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
3 RESULTADOS.....	45
3.1 CONFIABILIDADE DAS VARIÁVEIS.....	45
3.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PRÉ-TESTE	46
3.3 MEDIDAS DA MODIFICAÇÃO MÉDIA (PÓS - PRÉ-TESTE)	47
3.3.1 ADM _{MÁX}	47
3.3.2 Torque _{MÁX}	49
3.3.3 ADM _{50%}	51
3.3.4 Torque _{50%}	53
3.3.5 ADM _{PSDA}	55
3.3.6 Torque _{PSDA}	57
3.3.7 Rigidez passiva.....	58
3.3.8 Energia	60
4 DISCUSSÃO	63
4.1 CONTROLE DA INTENSIDADE DE ALONGAMENTO	64
4.2 EFEITO DAS INTENSIDADES DE ALONGAMENTO.....	67
4.2.1 ADM _{MÁX} e Torque _{MÁX}	67
4.2.2 ADM _{50%} e Torque _{50%}	73
4.2.3 ADM _{PSDA} e Torque _{PSDA}	75
4.2.4 Rigidez passiva.....	78
4.2.5 Energia	81
4.2.6 Possíveis explicações para os efeitos das intensidades pós treinamento .	83
4.3 LIMITAÇÃO DO ESTUDO	86
4.4 APLICAÇÃO PRÁTICA	86
5 CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS.....	88
APÊNDICES	95
ANEXO	101

1 INTRODUÇÃO

A flexibilidade é um componente de aptidão física relacionada à saúde (COSTA *et al.*, 2009; CHATZOPOULOS *et al.*, 2014) e ao desempenho esportivo (BEHM *et al.*, 2015; AVLONITI *et al.*, 2016), sendo crucial no processo de reabilitação musculotendínea (HALBERTSMA *et al.*, 2001; PAGE, 2012; APOSTOLOPOULOS *et al.*, 2015; KIM *et al.*, 2018), para independência funcional (CARREGARO e GIL COURRY, 2009; LOCKS *et al.*, 2012) e em diversas modalidades esportivas, especialmente aquelas que requerem um alto nível de flexibilidade (BALE e GOODWAY, 1990; SHARMA *et al.*, 2018).

A flexibilidade é uma capacidade física definida como a amplitude de movimento articular (ADM) disponível em uma articulação (ALTER, 2004), sendo tradicionalmente representada pela ADM. Segundo Chagas *et al.* (2016), a ADM é a principal variável investigada na resposta da unidade músculo tendão (UMT) ao alongamento. No entanto, outras variáveis (*e.g.*, torque, área de secção transversa do músculo e tempo de estímulo ao alongamento) devem ser consideradas para uma melhor compreensão das adaptações ao treinamento da flexibilidade (WEPPLER e MAGNUSSON, 2010). Dessa forma, incluindo mais variáveis na análise da resposta da UMT (*e.g.*, torque) é possível com o registro da curva torque passivo – ADM determinar importantes propriedades biomecânicas, como: rigidez passiva (RP), energia (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; WEPPLER e MAGNUSSON, 2010; CHAGAS *et al.*, 2016), relaxamento sob tensão (RST) e o *creep* (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; WEPPLER e MAGNUSSON, 2010).

Apesar de diferentes variáveis estarem relacionadas à resposta da UMT ao alongamento (WEPPLER e MAGNUSSON, 2010), o desempenho no teste de flexibilidade, tradicionalmente, é mensurado por meio da ADM máxima ($ADM_{MÁX}$) (HALBERTSMA *et al.*, 1996; BLAZEVIICH *et al.*, 2012; CABIDO *et al.*, 2014). A $ADM_{MÁX}$ é entendida como a máxima amplitude de movimento articular tolerada pelo indivíduo durante a manobra de alongamento (MAGNUSSON *et al.*, 2000; CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016). A mensuração da $ADM_{MÁX}$ apresentou, em um estudo prévio, um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de 0,98 e erro padrão de medida (EPM) de 2,23% (CABIDO *et al.*, 2014), indicando uma excelente confiabilidade de medida (CICCHETTI, 1994). Para além da $ADM_{MÁX}$, foi sugerido

por Halbertsma e Goeken (1994) o registro da primeira “sinalização da dor” durante o alongamento. Posteriormente, essa mesma análise foi realizada por diferentes estudos, que consideraram essa medida como sendo a sensação inicial de alongamento ou primeira tensão percebida na UMT durante o alongamento (HALBERTSMA *et al.*, 2001; YLINEN *et al.*, 2009; CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016). A partir disso, esses estudos utilizaram esse critério e operacionalizaram essa medida através da variável que representa a ADM correspondente a primeira sensação de alongamento (PSDA) (ADM_{PSDA}) (CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016).

Partindo do pressuposto que a ADM_{PSDA} e $ADM_{MÁX}$ estão associadas à tolerância individual ao alongamento, a partir da tolerância inicial (ADM_{PSDA}) e máxima ($ADM_{MÁX}$), pode-se ancorar a percepção do indivíduo por esses extremos. O procedimento de ancoragem envolve explicações das sensações associadas ao ponto inicial e final, relativo à intensidade, que são definidas na fase inicial do experimento (GEARHART *et al.*, 2004). Dessa forma, o indivíduo familiarizado ao procedimento de ancoragem seria capaz de determinar os extremos de intensidade do exercício (mínimo e máximo da escala) relacionados à sensação individual (GEARHART *et al.*, 2004). Carvalho (2015) realizou o procedimento de ancoragem, relacionado às sensações de alongamento, e os indivíduos foram capazes de identificar de forma confiável a ADM_{PSDA} e a $ADM_{MÁX}$, dado pelo alto valor de confiabilidade dessas variáveis ($CCI=0,88$; $p=0,001$; $CCI=0,93$; $p=0,001$), respectivamente. Além disso, a variável ADM_{PSDA} foi capaz de prever a $ADM_{MÁX}$ com um coeficiente de determinação de 79,21% para homens. Esses resultados fortaleceram uma perspectiva de um *continuum* de tolerância do indivíduo ao alongamento, que funcionaria como uma faixa de percepção, a partir da determinação de um limite inicial (ADM_{PSDA}) e final ($ADM_{MÁX}$) (CARVALHO, 2015; CHAGAS *et al.*, 2016). Como a definição dos limites dessa faixa é confiável e consistente, o indivíduo seria capaz de identificar de forma confiável pontos dentro desse *continuum*, que representariam determinadas intensidades de alongamento que poderiam ser prescritas para o treinamento da flexibilidade.

A intensidade do estímulo ao alongamento pode ser entendida, segundo Young, Elias e Power (2006), a quanto a UMT é estendida durante a manobra de alongamento, sendo influenciada subjetivamente de acordo com o critério adotado e a interpretação individual em relação às instruções fornecidas. No presente estudo,

a intensidade foi definida pela sensação de alongamento determinada a partir dos extremos do *continuum*, propostos nesta investigação. Diversos estudos têm utilizado parâmetros subjetivos na determinação da intensidade (YOUNG, ELIAS e POWER, 2006; APOSTOLOPOULOS *et al.*, 2015; MUANJAI *et al.*, 2017), entretanto, diferenças metodológicas na determinação da intensidade podem levar a resultados conflitantes (APOSTOLOPOULOS *et al.*, 2015). Considerando um determinado parâmetro subjetivo da intensidade, pequenas flutuações na interpretação da sensação de alongamento podem corresponder a diferentes intensidades treinadas (MUANJAI *et al.*, 2017), o que pode levar a resultados controversos (APOSTOLOPOULOS *et al.*, 2015; MUNJAI *et al.*, 2017; BARBOSA *et al.*, 2018). Essas inconsistências na identificação da intensidade, baseada na sensação ao alongamento, podem ocorrer devido à ausência de um procedimento de ancoragem e uma padronização na determinação da intensidade prescrita para o treinamento. A utilização dos extremos do *continuum* de tolerância ao alongamento, propostos no presente estudo, pode ser uma possibilidade na determinação da intensidade de alongamento.

Além da padronização na determinação da intensidade, a forma de controlá-la subjetivamente, durante o alongamento, também pode influenciar os efeitos das intervenções. Diferentes formas de controlar a intensidade foram reportadas pela literatura com diferentes achados (YOUNG, ELIAS e POWER, 2006; KAY, HUSBANDS-BEASLEY e BLAZEVIK, 2015; FREITAS *et al.*, 2016; BARBOSA *et al.*, 2018). Estudos prévios controlaram subjetivamente a intensidade de alongamento em ângulo constante (*i.e.*, ADM constante), não encontraram aumentos da ADM_{MÁX} (YOUNG, ELIAS e POWER, 2006; BARBOSA *et al.* 2018). Segundo esses autores, o controle da intensidade adotado foi considerado fator limitante do estudo. Além disso, Freitas *et al.* (2016) controlaram a intensidade de forma progressiva, sendo a cada 90s de alongamento, os indivíduos foram questionados a respeito da sensação prescrita para treinamento (*i.e.*, “ponto imediatamente antes do início da dor”). Caso apresentassem a sensação ao alongamento inferior a determinada para treinamento e concordassem, o ângulo da articulação envolvida foi aumentado para uma nova ADM. Caso contrário, o alongamento seria finalizado. A intensidade média, desse estudo, apresentou um valor de $109,2 \pm 10,4\%$ do pico de torque inicial (*i.e.*, 9,2% a mais da intensidade determinada para o treinamento). Essa diferença na intensidade pode ser atribuída

ao ponto determinado para treinamento, o que provocou grande variabilidade, do número de repetições de alongamento, entre os indivíduos da amostra ($n = 8$; 2 repetições sem intervalo (RSI), $n = 6$; 3 RSI, $n = 3$; 4 RSI). Além disso, uma possível limitação pode ser apontada ao controle da intensidade desse estudo: o tempo mínimo determinado para o ajuste da ADM foi de 90s, somente após esse tempo o indivíduo poderia, caso necessário, solicitar a correção da sensação ao alongamento. Estudos prévios indicaram que a maior taxa da deformação na UMT ocorre entre 15 a 20s (TAYLOR *et al.*, 1990; WEIR; TINGLEY; ELDER, 2005). Dessa forma, a não correção do torque a partir do aumento da ADM, levando em consideração a sensação correspondente a intensidade prescrita, nos segundos iniciais pode ter levado a uma menor efetividade da intensidade nesse estudo.

Ao analisar os estudos supracitados, a intensidade pode não ter representado, durante o alongamento, o nível de sensação inicial determinado para o treinamento. Uma das possíveis justificativas, para essa questão, poderia ser atribuída ao comportamento dos tecidos biológicos, que apresentam um comportamento viscoelástico (GAJDOSIK *et al.*, 2006). Assim, a UMT em resposta ao alongamento (*e.g.*, com determinada intensidade e tempo), com o ângulo mantido constante, reduz a resistência a deformação, devido ao RST, o que resultaria em uma redução da efetividade do estímulo de alongamento, considerando que a musculatura poderia suportar torques maiores (*i.e.*, valor de torque aplicado antes do início do relaxamento sob tensão) (MAGNUSSON, 1998; PEIXOTO *et al.*, 2015). Devido a esse comportamento, a intensidade estaria mais próxima, daquela que foi prescrita, se o indivíduo ao identificar subjetivamente uma modificação na sensação de alongamento, o ângulo da articulação, anteriormente mantido para treinamento, fosse alterado (*i.e.*, aumentando a ADM), caso necessário, até alcançar novamente a sensação determinada para treinamento. No presente estudo essa forma de controlar a intensidade será denominada de controle subjetivo (CS).

Outra possibilidade de operacionalizar a intensidade é a partir do valor da resistência passiva que a UMT oferece ao alongamento (torque), na qual a intensidade é controlada de acordo com o registro da magnitude de torque executado sobre uma articulação, sendo o torque mantido constante (CABIDO *et al.*, 2014; OBA *et al.*, 2018). No presente estudo, essa maneira de controlar a intensidade será denominada de controle objetivo (CO). Em um estudo prévio, esse controle da intensidade foi mais eficiente no aumento da $ADM_{MÁX}$ em comparação

com o controle da intensidade em AC, sendo que essa diferença foi atribuída ao maior trabalho mecânico produzido, visto que, existe nesse controle uma manutenção do torque ao longo do tempo associado a um aumento da ADM (RYAN *et al.*, 2008; CABIDO *et al.*, 2014). Contudo, essa forma de controlar a intensidade é factível no contexto laboratorial, pois utiliza instrumentos específicos e geralmente onerosos, o que torna esse controle desfavorável em outros contextos (clínicos e práticos). Até o presente momento, não foram encontrados estudos que compararam o torque e a sensação de alongamento correspondente a intensidade prescrita. Sendo assim, compreender o comportamento da sensação de alongamento a partir do CS, com o registro do torque, em relação ao CO, poderá contribuir no contexto prático, e medir se o indivíduo treina na mesma intensidade em ambas as formas de controle (CS e CO). No melhor do nosso conhecimento, nenhum estudo analisou o efeito agudo do alongamento nas respostas sensoriais e mecânicas da UMT entre formas distintas de controlar a intensidade (*i.e.*, Controle Subjetivo *versus* Controle Objetivo). Espera-se que os indivíduos sejam capazes de manter subjetivamente determinada intensidade, sendo que as adaptações geradas pelas intensidades controladas de forma subjetiva não difiram das adaptações geradas pelas intensidades controladas de forma objetiva. Esta hipótese baseia-se em um estudo prévio em que os indivíduos foram capazes de identificar de forma consistente as intensidades ADM_{PSDA} e $ADM_{MÁX}$ (CARVALHO, 2015), no entanto, essa hipótese precisa ser testada com o treinamento da flexibilidade. Assim, os profissionais de áreas específicas dessa temática terão mais respaldo científico na prescrição e controle do treinamento desse componente.

Embora seja conhecido a importância de uma análise ampla sobre a carga de treinamento, a partir de seus componentes, o estudo da intensidade recebe destaque em outras capacidades físicas, como no treinamento de força (KRAEMER e RATAMESS, 2004) e de resistência aeróbica (RODAS *et al.*, 2000), o que não acontece na flexibilidade. Ainda não está claro a importância desse componente para as adaptações ao treinamento na UMT. Estudos prévios apresentam resultados controversos, seja pela falta de controle na determinação da intensidade, por pesquisar parcialmente os mecanismos associados às adaptações na UMT ou poucos estudos comparados com os demais componentes de carga (CHAGAS *et al.*, 2008; APOSTOLOPOULOS *et al.*, 2015). Em uma revisão sistemática, Apostolopoulos *et al.* (2015) apontaram a duração e a frequência como

componentes da carga mais investigados nos estudos de flexibilidade, justificando essa escolha pela natureza quantitativa desses componentes, sendo mais simples de manipular. Os autores enfatizam que a maioria dos estudos menciona a intensidade em conjunto com os demais componentes de carga (duração e frequência), portanto, há poucos estudos que investigaram apenas a intensidade (APOSTOLOPOULOS *et al.*, 2015). Mesmo com as limitações apresentadas, algumas evidências comprovam a importância desse componente na configuração do treinamento da flexibilidade. Estudos prévios, que manipularam a intensidade de alongamento, resultaram em modificação significativa na resposta da $ADM_{MÁX}$ (CHAGAS *et al.*, 2008; SULLIVAN, DEJULIA e WORREL, 1992). Resultados que apontam a necessidade de considerar este componente de carga na prescrição do treinamento da flexibilidade para respostas específicas.

A compreensão dos efeitos da intensidade do alongamento poderá direcionar para uma configuração adequada, desse componente de carga, para a prescrição do treinamento da flexibilidade. Embora alguns estudos tenham investigado anteriormente o efeito de diferentes intensidades, não foram encontrados estudos que analisaram a influência de diferentes intensidades, determinadas pelo *continuum* de tolerância ao alongamento, nas respostas sensoriais e mecânicas da UMT. Recentemente, vários estudos investigaram o efeito de diferentes intensidades de alongamento na resposta aguda em diferentes variáveis ($ADM_{MÁX}$, $Torque_{MÁX}$, rigidez passiva, relaxamento sob tensão, torque % da $ADM_{MÁX}$, comprimento do fascículo, ângulo de penação, ADM_{PSDA} , $Torque_{PSDA}$), sendo utilizado diferentes formas de determinar a intensidade: “ponto de desconforto antes da dor” (FREITAS *et al.*, 2015a; OBA *et al.*, 2018), “máximo tolerado sem dor” (KATAURA *et al.*, 2017; FREITAS *et al.*, 2015b, FREITAS *et al.*, 2016), “primeiro ponto de desconforto/tensão” (SANTOS *et al.*, 2018), “máximo desconforto/tensão” (SANTOS *et al.*, 2018). Essas diferenças metodológicas no critério adotado para determinar a intensidade, nos estudos citados anteriormente, podem ter contribuído para diferentes respostas das variáveis supracitadas. Estudos prévios não apontaram diferenças nas respostas mecânicas (rigidez), sensoriais ($ADM_{MÁX}$) (SANTOS *et al.*, 2018; BERGAMINI, 2008) e estruturais (comprimento do fascículo) (SANTOS *et al.*, 2018; FREITAS *et al.*, 2015b) entre as intensidades do estudo. Em contraste, Oba *et al.* (2018) manipularam três intensidades de alongamento, a $ADM_{MÁX}$ e a rigidez foram significativamente maior e menor, respectivamente, na

intensidade máxima treinada (100%) em comparação com as demais (controle, 50% e 75%). Resultados similares foram encontrados no estudo de Kataura *et al.* (2017), no qual foram comparadas três intensidades de alongamento - 80% e 100% do máximo tolerado sem dor e 120% (*i.e.*, ADM do ponto da dor). Esses autores encontraram aumentos da $ADM_{MÁX}$ nas intensidades (100 e 120%) e redução da rigidez para a intensidade (120%) em comparação com a intensidade 80%. Além disso, Freitas *et al.* (2015a) e Freitas *et al.* (2016) manipularam a intensidade e a duração, respectivamente (50% - 180s, 75% - 135s e 100% - 90s) e (50% -900s e 100%- 90s). Os resultados, desses estudos, apontaram aumentos da $ADM_{MÁX}$ e do $Torque_{MÁX}$, somente, para as condições que treinaram na intensidade máxima, contudo, como a intensidade e a duração diferiram entre as condições, não é possível isolar os efeitos da intensidade.

Fazendo uma análise dos estudos citados anteriormente, as intensidades submáximas basearam-se em valores percentuais (%) do torque ou $ADM_{MÁX}$, levando em consideração a subjetividade na determinação da intensidade, “antes da dor ou desconforto”, possivelmente o percentual desse parâmetro representou baixa ou nenhuma intensidade de alongamento. Dessa forma, pode não ter ocorrido nenhuma tensão/sensação de alongamento que gerasse adaptação aguda na musculatura envolvida. A proposta do *continnum* de tolerância ao alongamento pode eliminar o viés encontrado na determinação das intensidades submáximas dos estudos apresentados, na qual propõe a intensidade mínima a ser considerada para o treinamento. Em um estudo prévio a ADM_{PSDA} representou 65% da $ADM_{MÁX}$, e foi capaz de gerar modificações significativas na flexibilidade (BERGAMINI, 2008). A partir da determinação dessa intensidade e da intensidade máxima determinada pela tolerância máxima ao alongamento, outros pontos dentro do *continnum*, baseados na sensação de alongamento, poderiam ser identificados e prescritos para treinamento, representando assim as intensidades submáximas. Portanto, a prescrição desse componente, baseado no *continnum*, garantiria que em todas as intensidades o indivíduo seria submetido a alguma tensão de alongamento na musculatura envolvida. Sendo assim, os efeitos de diferentes intensidades nas respostas sensoriais e mecânicas, assim como os mecanismos poderiam ser mais bem compreendidos.

Diante do exposto é possível hipotetizar que uma maior intensidade de alongamento promoverá maiores adaptações agudas, como por exemplo, aumentos

da $ADM_{MÁX}$ (FREITAS *et al.*, 2016; KATAURA *et al.*, 2017; OBA *et al.*, 2018). Corroborando tal afirmação, em um estudo de Sullivan, DeJulia e Worrel (1992) concluíram que o estímulo de alongamento que provocou o maior afastamento entre origem e inserção (*i.e.*, maior intensidade), do grupo muscular envolvido, gerou maiores ganhos da $ADM_{MÁX}$. Contudo, pouco se sabe sobre os mecanismos associados a melhora da flexibilidade, especialmente relacionados ao impacto de intensidades baixas e submáximas nas propriedades mecânicas e sensoriais na UMT. Necessitando de estudos com os possíveis mecanismos que justifiquem a melhora da flexibilidade.

Os mecanismos associados à melhora da flexibilidade se baseiam em abordagens mecânicas e sensoriais (WEPLER e MAGNUSSON, 2010). Embora permaneça em discussão os mecanismos para o aumento da flexibilidade após a realização do estímulo de alongamento agudo, a fundamentação teórica do efeito de diferentes intensidades nesse contexto se encontra incipiente. De acordo com a abordagem mecânica, as alterações no comportamento viscoelástico da UMT, resultado de uma deformação temporária (*i.e.*, RST), pode explicar os efeitos agudo do treinamento da flexibilidade (*i.e.*, aumento da $ADM_{MÁX}$) (WEIJER; GORNIK; SHAMUS, 2003; MORSE *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2015a). Essa deformação viscoelástica da UMT pode provocar uma redução da rigidez, resultando na diminuição da resistência passiva do tecido conectivo, que pode levar a um aumento de complacência da UMT (GUISARD e DUCHATEAU, 2004; FREITAS *et al.*, 2015b).

Assim, uma menor força seria exigida para alcançar uma determinada ADM (KUBO *et al.*, 2001; REID & MCNAIR, 2004; CABIDO *et al.*, 2014). Entretanto, outros estudos não encontraram alterações nas propriedades biomecânicas e justificaram o aumento da flexibilidade pela modificação da sensação de alongamento, decorrente do aumento da capacidade de tolerância do indivíduo ao alongamento e, conseqüentemente, alcançar maiores $ADM_{MÁX}$ (HALBERTSMA e GOEKEN, 1994; MAGNUSSON *et al.*, 1996a; KONRAD, GAD & TILP, 2015). Esses achados deram suporte à abordagem sensorial proposta por Weppler e Magnusson (2010). Possivelmente as terminações nervosas livres nociceptivas (aférentes do grupo III e IV) presentes nas articulações e no músculo estejam envolvidas e são moduladas com o treinamento da flexibilidade (MAGNUSSON *et al.*, 1997). Esse mecanismo é reforçado por estudos que encontraram aumento da $ADM_{MÁX}$ associado ao aumento

do torque passivo medido na $ADM_{MÁX}$ (*i.e.*, $Torque_{MÁX}$) (BEN & HARVEY, 2010; MAGNUSSON *et al.*, 1998; HALBERTSMA e GOEKEN, 1994) e da ADM_{PSDA} (HALBERTSMA e GOEKEN, 1994; CABIDO *et al.*, 2014). Esses autores interpretaram os resultados como alterações na tolerância ao alongamento. Nesse contexto, a investigação da $ADM_{MÁX}$, $Torque_{MÁX}$, rigidez passiva, energia e ADM_{PSDA} possibilitará o entendimento dos mecanismos relacionados ao impacto de diferentes intensidades de alongamento controladas de forma objetiva e subjetiva na UMT.

Em suma, diante das lacunas levantadas, a realização de um estudo que investigue o impacto de diferentes intensidades de alongamento, controladas de forma objetiva e subjetiva, contribuirá para uma prescrição mais adequada do treinamento da flexibilidade. É provável que a proposta do *continuum* forneça subsídios consistentes sobre a intensidade mínima do *continuum* capaz de gerar aumentos de desempenho da flexibilidade. Além disso, o controle subjetivo pode representar um avanço no controle da intensidade na prescrição do treinamento em contextos clínicos e práticos, sendo o primeiro passo para criação de uma normativa de carga utilizando uma faixa de percepção. O entendimento do impacto de diferentes intensidades de alongamento, controladas de forma objetiva e subjetiva na resposta da UMT, irá permitir também uma maior diferenciação do efeito das intensidades de alongamento, assim como os mecanismos envolvidos em cada intervenção. Dessa forma, será importante para nortear a prescrição do treinamento da flexibilidade na escolha da intensidade para o treinamento planejado. Nesse sentido, este estudo pode colaborar para respostas no que tange a prescrição do treinamento da flexibilidade de forma segura, consistente e eficaz.

1.1 Objetivo

- Comparar o efeito da prescrição de duas intensidades do alongamento ($Torque_{PSDA}$ e $Torque_{50\%}$), controladas de forma objetiva e subjetiva, nas respostas mecânica ($Torque_{MÁX}$, RP e energia) e sensorial ($ADM_{MÁX}$, ADM_{PSDA} e $ADM_{50\%}$) da UMT.

1.2 Hipóteses

- **H₁**- Não haverá diferença significativa no efeito agudo, em uma intervenção de um protocolo de alongamento, entre as diferentes formas de controle da intensidade (objetiva x subjetiva), independente da intensidade de treinamento (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}), nas variáveis mecânicas (Torque_{MÁX}, RP e energia) e sensorial (ADM_{MÁX}, ADM_{PSDA} e ADM_{50%});
- **H₂**- Haverá diferença significativa no efeito agudo, em uma intervenção de um protocolo de alongamento, realizado entre as diferentes intensidades submáximas (Torque_{PSDA} X Torque_{50%}), independente da forma de controle da intensidade, nas variáveis mecânicas (Torque_{MÁX}, RP e energia) e sensorial (ADM_{MÁX}, ADM_{PSDA} e ADM_{50%}), e a intensidade Torque_{50%} promoverá magnitudes de alterações mecânicas e sensoriais maiores;

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Cuidados Éticos

Foi realizada uma pesquisa, de cunho experimental, no Laboratório de Biomecânica (BIOLAB) no Centro de Excelência Esportiva (CENEX), situado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP- UFMG), sob o parecer número CAAE: 80248717.0.0000.5149 (Anexo A), sendo respeitadas todas as normas estabelecidas pelo conselho Nacional de Saúde (Resolução 466/12) envolvendo pesquisas com seres humanos.

Antes de iniciarem a participação neste estudo, os voluntários foram informados quanto aos objetivos, procedimentos metodológicos e cronologia do estudo. Além disso, foram informados quanto a benefícios e possíveis riscos relacionados à participação do experimento. Após esclarecimentos, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para participação no estudo (APÊNDICE 1) e foram informados a respeito da liberdade em abandonar a pesquisa a qualquer momento. Todos os dados foram mantidos em sigilo no intuito de preservar a privacidade dos voluntários, estando à saúde e bem-estar destes sempre acima de qualquer interesse.

2.2 Cálculo Amostral

Após aprovação do COEP-UFMG foi realizado um estudo piloto para definir o tamanho da amostra. Primeiramente foram definidas as variáveis primárias do estudo ($ADM_{MÁX}$, $Torque_{MÁX}$, ADM_{PSDA} e rigidez). Com base em um estudo piloto, em que foram utilizadas as variáveis ADM_{PSDA} , $Torque_{PSDA}$, $ADM_{50\%}$, $Torque_{50\%}$, $ADM_{MÁX}$, $Torque_{MÁX}$, rigidez e energia, a variável rigidez apresentou o maior coeficiente de variação (CV) (29,71%) e o cálculo amostral do presente estudo foi realizado considerando essa variável. O tamanho amostral foi calculado por meio do

software G Power 3.1.9.3 (Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Alemanha). Para a análise estatística, adotada nesse estudo, foi realizado o cálculo amostral do tipo “a priori” para Análise de variância (ANOVA), para efeito do tamanho de 0,80, poder estatístico de 80% e com um nível de significância de 5%. O cálculo amostral resultou em um n total de 15 voluntários. Considerando a possibilidade de perda amostral de 15%, como margem de segurança, optou-se por coletar um n total de 18 indivíduos. No presente estudo, o mesmo voluntário passou por todas as condições experimentais (delineamento de medidas repetidas). Uma forma encontrada para reduzir o efeito da variabilidade interindividual, sobre as respostas da UMT ao alongamento, optou-se pela alocação dos indivíduos, nas situações de intervenção (CS- intensidade (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}); CO- intensidade (Torque_{PSDA} e Torque_{50%})), distribuídas por meio do delineamento em quadrado latino (PORTNEY e WATKINS, 2009) (APÊNDICE 2).

2.3 Amostra

Participaram deste estudo 18 voluntários do sexo masculino, adultos jovens, com idade entre 21 e 31 anos, estudantes da UFMG. Somente indivíduos do sexo masculino foram selecionados para composição da amostra, sendo que, desempenhos distintos entre os sexos para as variáveis ADM articular e rigidez passiva foram verificados (BLACKBURN *et al.*, 2004).

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: 1) ausência de histórico recentes (últimos seis meses) de lesões ou dores musculoesqueléticas dos membros inferiores (MMII), coluna e pelve; 2) não estarem participando nos últimos seis meses de qualquer atividade que envolva o treinamento de flexibilidade ou força para os MMII; 3) possuir ADM de extensão de joelho inferior a 142° (152,5° extensão máxima do joelho), quando posicionado no aparelho *flexmachine*.

Os critérios para exclusão foram: 1) desistência por parte do voluntário a qualquer momento da coleta; 2) ter praticado algum tipo de treinamento de flexibilidade ou força durante o período de coleta de dados; 3) não ter comparecido aos locais de coleta no dia e hora estabelecidos; 4) sofrerem algum tipo de lesão musculoesqueléticas de membros inferiores, coluna ou pelve.

Os voluntários foram orientados a não realizar qualquer exercício físico que envolva os MMII nas 48 horas anteriores ao início e durante o período das coletas. Além disso, foram orientados a evitar a restrição ou a privação do sono antes das coletas.

Devido as características do estudo, dois voluntários não compareceram após a sessão familiarização, assim, foram excluídos da amostra. Dessa forma, 16 voluntários concluíram o estudo.

Os dados referentes às características da amostra estão presentes na TABELA 1.

TABELA 1 – Análise descritiva referente à idade, massa corporal, estatura e membro de preferência da amostra – (n=16)

	Média ± DP	Amplitude
Idade (anos)	24,2 ± 3,3	21 - 31
Massa corporal (Kg)	76,3 ± 8,6	63 - 90,4
Estatura (cm)	176,9 ± 4,9	169 - 184,5
Preferência (MMII D/E)	11 destros/5 canhotos	-

Legenda: DP (desvio padrão); MMII D/E (membros inferiores direito/esquerdo); Amplitude (refere-se a valores mínimo e máximo). A idade e membro de preferência foram obtidos por meio de questionário simples. Fonte: Elaboração própria.

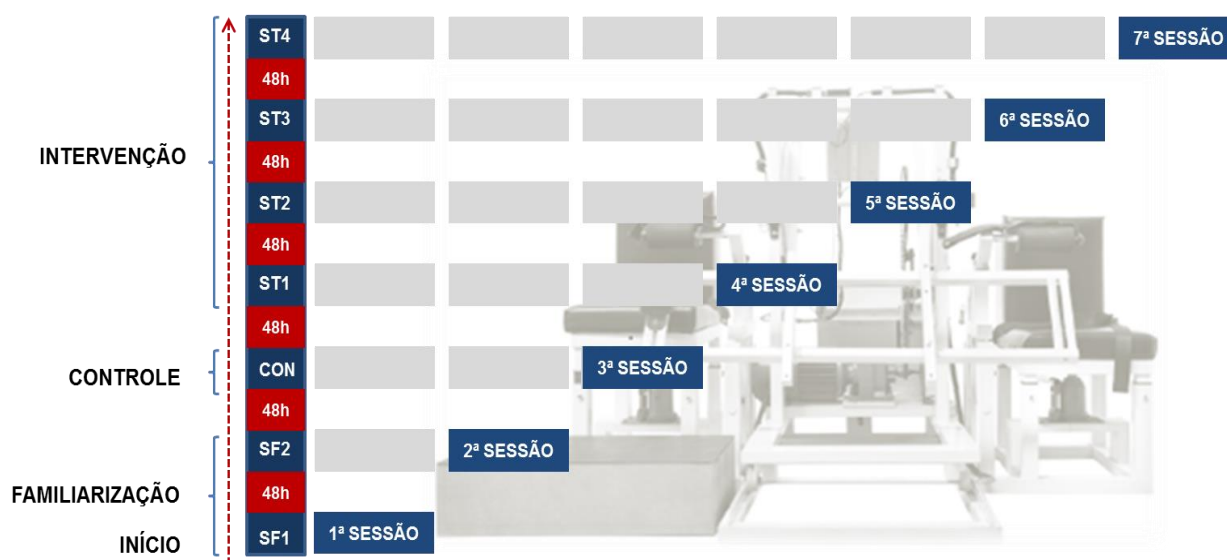
2.4 Procedimentos

Durante esta investigação, todos os voluntários compareceram ao Biolab (UFMG) em sete sessões distintas, sendo duas sessões para familiarização (SF1-SF2), uma sessão controle (CON) e quatro sessões para treinamento (ST1, ST2, ST3 e ST4). Ambos os membros inferiores - direito (MMII D) e esquerdo (MMII E) foram utilizados nas condições experimentais, mas, de forma aleatória (*i.e.*, sorteio simples), somente os dados do MMII D foram utilizados para análise dos resultados. O intervalo mínimo entre essas sessões foram de 48 a 72 horas para evitar que possíveis adaptações alcançadas em uma sessão pudessem interferir nas respostas da UMT durante as sessões seguintes (FIGURA 1). As sessões (ST1, ST2, ST3 e

ST4) consistiram de treinamento nas condições - Controle objetivo (CO) e Controle subjetivo (CS) nas intensidades (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}). A ordem das condições de treinamento e do membro Inferior a ser treinado foi realizada por meio de combinações aleatórias de um quadrado latino de matriz 8x8.

Para um mesmo voluntário, todas as sessões foram realizadas no mesmo horário do dia (\pm 2 horas). Todas as etapas foram realizadas pelo mesmo examinador e todos os voluntários receberam as mesmas informações, sendo padronizadas para todas as situações experimentais.

FIGURA 1- Apresentação do decurso temporal associado ao protocolo experimental



Legenda: SF1 - Primeira sessão familiarização; SF2 - Segunda sessão familiarização; CON - Sessão controle; ST1 - Sessão de treinamento um; ST2 - Sessão de treinamento dois; ST3 - Sessão de treinamento três; ST4 - Sessão de treinamento quatro; 48h - Quarenta e oito horas sem realizar nenhum procedimento do experimento; Fonte: Elaboração própria.

2.4.1 Familiarização

Na primeira sessão de familiarização (SF1), os indivíduos foram orientados quanto aos procedimentos do experimento, assim como, a determinação dos dias e horários estabelecidos por eles, respeitando os intervalos mínimos de

cada sessão e assinatura do TCLE. Neste dia foram realizadas medidas antropométricas (massa corporal, estatura, comprimento de ambas as pernas) e aferição do peso do segmento perna-pé).

Posteriormente, os indivíduos foram posicionados no aparelho *Flexmachine* para ajustes das medidas, conforme padronização do posicionamento no aparelho e posterior utilização individual nas sessões subsequentes. Após ajustes das medidas, os indivíduos receberam as instruções de funcionamento do aparelho e iniciaram a familiarização no equipamento. Os indivíduos receberam dois controles, sendo um para subida e descida do braço mecânico do *Flexmachine* e outro para registro das variáveis ADM_{PSDA} e $ADM_{50\%}$. Inicialmente, ao comando do avaliador, o voluntário pressionava o botão de subida, acionando o motor para elevação do braço mecânico. Assim, os voluntários foram submetidos a repetições de movimento passivo de extensão do joelho para o aprendizado quanto ao funcionamento do aparelho e aos comandos do avaliador, realizando o número de vezes necessário para alcançar o entendimento ao procedimento. Após entendimento, iniciou a ancoragem da variável $ADM_{MÁX}$. Assim, o voluntário foi orientado pelo pesquisador a subir o braço mecânico (extensão passiva do joelho) até atingir a máxima amplitude de movimento tolerada ($ADM_{MÁX}$). Ao atingir este ponto, o voluntário soltou o botão de subida do controle e, imediatamente, pressionou o botão de descida do braço mecânico até que este retorne à posição inicial. A partir do momento em que o voluntário compreendeu a identificação desse ponto ($ADM_{MÁX}$), a ancoragem da primeira sensação ao alongamento (ADM_{PSDA}) foi requerida. Dessa forma, ao comando do pesquisador o voluntário acionou a subida do braço mecânico, no momento em que identificou a primeira sensação de alongamento ou tensão na musculatura alongada, o voluntário pressionou o botão do dispositivo da PSDA, enquanto permaneceu pressionando o botão de subida do braço mecânico até atingir a $ADM_{MÁX}$ e, imediatamente, realizava a descida do braço até retornar à posição inicial. Dessa forma, esse procedimento de “ancoragem” permitiu estabelecer o mínimo e máximo da tolerância ao alongamento. A partir da compreensão dos limites inferior (ADM_{PSDA}) e superior ($ADM_{MÁX}$), do *continuum* de tolerância ao alongamento, o voluntário foi orientado a identificar e registrar a variável $ADM_{50\%}$, definida como a ADM da sensação de alongamento correspondente ao ponto médio dos limites inferior (ADM_{PSDA}) e superior ($ADM_{MÁX}$) do *continuum*. Para isso, foi necessário acionar o dispositivo da PSDA mais uma

vez. Todas as variáveis supracitadas foram registradas em função da ADM de extensão do joelho, sendo identificadas também de forma simultânea, o Torque_{PSDA}, Torque_{50%} e Torque_{MÁX}. Em seguida, o voluntário foi familiarizado quanto a forma de controlar as intensidades de treinamento, de maneira subjetiva (CS) e objetiva (CO), a serem realizadas durante as sessões de treinamento.

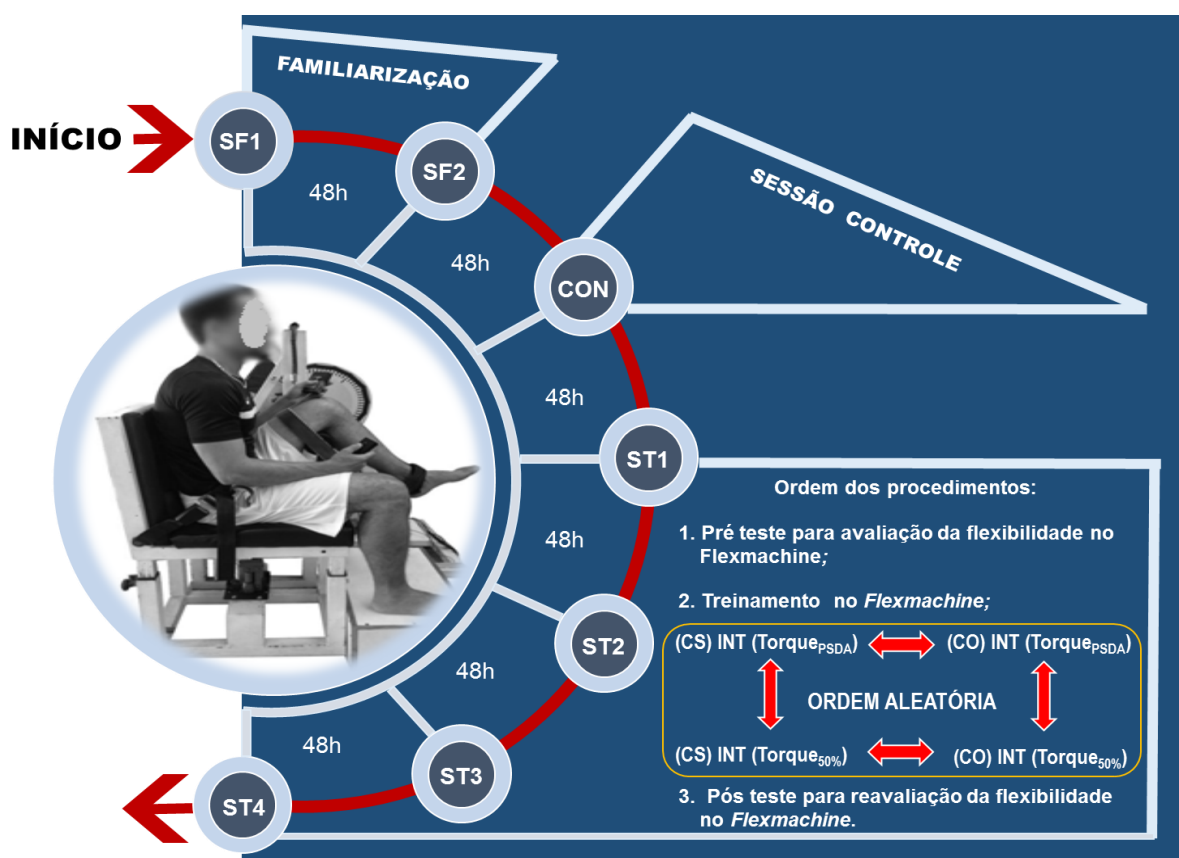
Todos esses procedimentos foram repetidos na sessão SF2 para garantir uma familiarização adequada aos procedimentos da coleta. A partir do momento em que foram considerados familiarizados, os voluntários seguiram para a sessão controle. Foram considerados familiarizados os voluntários que apresentaram valores consistentes de ADM_{MÁX} e Torque_{MÁX} (variação (\leq) de 2,3° e 4,0 N.m respectivamente, entre a comparação da média das três últimas tentativas com cada uma das três últimas). A variável ADM_{MÁX} e Torque_{MÁX} apresentaram em estudos prévios (CHAGAS *et al.*, 2016) elevada confiabilidade de medida (CCI= 0,99 e 0,98) respectivamente, sendo consideradas variáveis representativas. O critério de variação de 2,3° e 4 N.m foi adotado baseado em resultados de estudos prévios, em que as variáveis acima apresentaram baixa variação do erro aleatório (EPM= 2,3° e 4,0 N.m) (CHAGAS *et al.*, 2016).

2.4.2 Sessão controle

Após (SF1-SF2), todos os voluntários realizaram uma sessão controle (CON), que consistiu nos seguintes procedimentos: os voluntários foram avaliados (pré-teste) durante a manobra de extensão de joelho no *Flexmachine* em ambos os membros inferiores. As variáveis ADM_{PSDA}, ADM_{50%} e ADM_{MÁX}, assim como, suas respectivas intensidades (Torque_{PSDA}, Torque_{50%} e Torque_{MÁX}) foram mensuradas. Essas medidas foram registradas pelo voluntário por meio da identificação da sensação ao alongamento associada a cada uma das intensidades. Em seguida, não realizaram nenhum tipo de intervenção. Permaneceram por cinco minutos assentados e em seguida foram reavaliados (pós-teste) (FIGURA 2). Foram realizadas seis tentativas válidas em cada procedimento (pré e pós-teste), sendo que as três primeiras tentativas foram realizadas para acomodação tecidual e a média das últimas três tentativas foi utilizada na análise dos dados.

As medidas coletadas na sessão controle foram utilizadas, também, para análise de confiabilidade. Esta foi realizada por meio do coeficiente de correlação intraclass ($CCI_{2,k}$) e o erro padrão da medida percentual (EPM [%]). Estas análises foram calculadas a partir dos valores pré x pós-teste (intrasessão).

FIGURA 2 – Desenho experimental das sessões familiarização, controle e treinamento



Legenda: SF1 - Primeira sessão familiarização; SF2 - Segunda sessão familiarização; CON - Sessão controle; ST1 - Sessão de treinamento um; ST2 - Sessão de treinamento dois; ST3 - Sessão de treinamento três; ST4 - Sessão de treinamento quatro; 48h - Quarenta e oito horas de intervalo entre as sessões experimentais; CS (controle subjetivo); CO (controle objetivo); INT (intensidade). Fonte: Elaboração própria.

2.4.3 Sessão treinamento

No início de cada sessão de treinamento, o voluntário foi avaliado no Flexmachine (pré-teste) com a mensuração das variáveis ADM_{PSDA} , $Torque_{PSDA}$,

ADM_{50%}, Torque_{50%}, ADM_{MÁX} e Torque_{MÁX}. As intensidades Torque_{PSDA} e Torque_{50%}, que correspondiam a sensação de alongamento que o voluntário sinalizava, respectivamente, as variáveis ADM_{PSDA} e ADM_{50%}, foram determinadas para o treinamento. A partir desse momento o voluntário realizou uma sessão de treino em uma das intensidades, controladas de forma objetiva ou subjetiva. Por exemplo, de forma aleatória um dos membros inferiores treinou na intensidade (Torque_{PSDA} ou Torque_{50%}) controlada de forma subjetiva, mantendo a mesma sensação de alongamento ao longo do protocolo de treinamento. Logo depois retornando o membro avaliado para a posição inicial, tempo aproximado de 15 segundos para descida do braço do *flexmachine*, prosseguindo para a próxima série até finalizar o protocolo de seis de 30 segundos. Em seguida (pós-teste), o membro treinado foi reavaliado no teste de flexibilidade. Após todos os procedimentos em um dos membros, o membro contralateral realizou o mesmo protocolo de treinamento, entretanto a condição a ser treinada dependeu da combinação do quadrado latino em que ele se encontrava. Assim, cada membro inferior passou por 4 condições de intervenção (Controle objetivo (CO) Torque_{PSDA} e Torque_{50%} e Controle subjetivo (CS) Torque_{PSDA} e Torque_{50%}), que foram aleatorizadas por meio de um quadrado latino. A FIGURA 2 mostra o desenho experimental das sessões (ST1, ST2, ST3, ST4).

2.5 Instrumentação e medidas

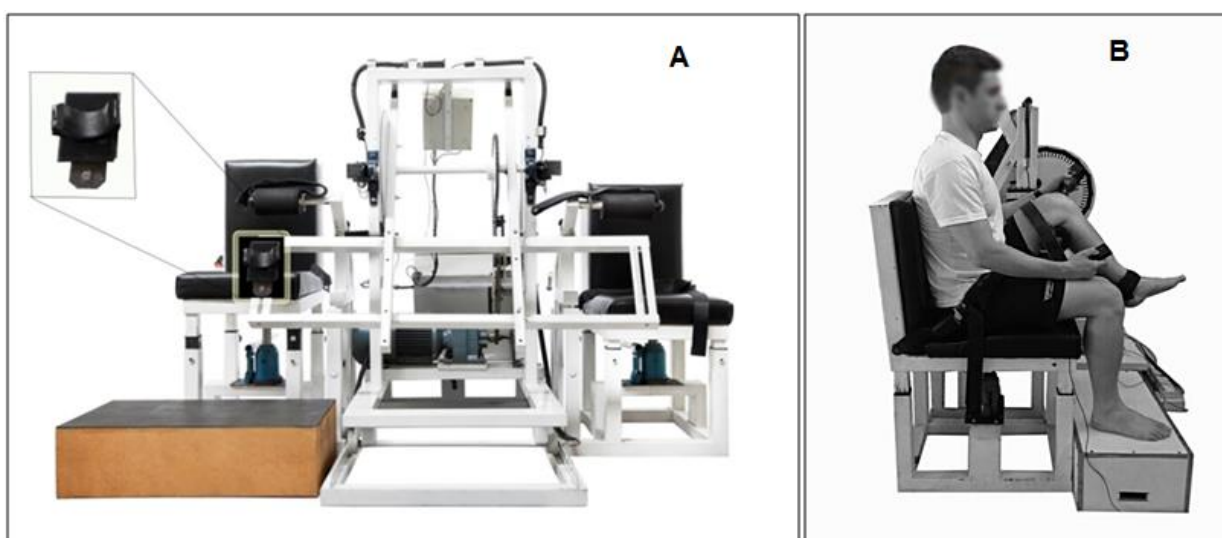
2.5.1 Medidas antropométricas

Para caracterização da amostra, também, foram obtidas medidas de massa e altura utilizando uma balança acoplada com estadiômetro (Filizola®, até 150 kg) com precisão de 0,1 Kg e 0,5 cm, respectivamente.

2.5.2 Aparelho *Flexmachine*

Para mensuração das variáveis do estudo, durante o movimento de extensão passiva do joelho, foi utilizado um aparelho isocinético denominado *Flexmachine* (PEIXOTO *et al.*, 2015; CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016). Este aparelho foi desenvolvido no BIOLAB da UFMG para investigar os efeitos agudos e crônicos, durante uma manobra de alongamento, dos músculos posteriores da coxa. Permitindo mensurar e treinar de forma separada cada MMII (FIGURA 3).

FIGURA 3 - Aparelho *Flexmachine*



A) em destaque plataforma de força ampliada alocada no braço mecânico, vista anterior e B) vista lateral. Fonte: Acervo próprio.

Esse aparelho consiste em duas cadeiras interligadas lateralmente a um braço mecânico, sendo uma para o MMII D e outra para o MMII E. Cada cadeira possui ajuste na vertical, reclinção no encosto de 95° em relação ao assento e um desnível no assento de aproximadamente 3 cm em sua região posterior em relação à anterior. Assim, permite o posicionamento da pelve em posição neutra para minimizar possíveis compensações por meio da retroversão pélvica. Com o objetivo

de reduzir movimentos compensatórios nos MMII e na pelve, o terço distal da coxa do MMII testado e as espinhas ilíacas anterossuperiores foram fixadas com cintas de velcro (FIGURA 3B). Ambas as cintas são ajustáveis de acordo com as características antropométricas de cada voluntário. O MMII não avaliado permaneceu em repouso sobre uma superfície de madeira (ajustável) de forma que as articulações do quadril e joelho se mantivessem em um ângulo de 90°.

Suportes com ajustes de comprimento, fixados às cadeiras, permitem sustentar o membro inferior testado a 45° de flexão de quadril a partir da posição sentada ou em relação ao solo (FIGURA 3B). Esse posicionamento, de acordo com Magnusson *et al.* (1996a), permite o alongamento dos músculos posteriores da coxa com mínima ou nenhuma participação de estruturas anatômicas que limitam a extensão do joelho, como por exemplo a cápsula articular posterior.

Sobre o braço mecânico em sua parte inferior está localizada uma plataforma de força (*Refitronic®*, *Schmitt*, *Germany*) (Figura 3A), cujo posicionamento é ajustável de forma individual, ao comprimento da perna. O braço mecânico é movimentado por um motor de indução (SEW Eurodrive, Belo Horizonte, Brasil), cujo acionamento é realizado por um dispositivo manual com dois botões, sendo um para subir e outro para descer. O registro da amplitude de movimento do braço mecânico foi feito por um potenciômetro localizado no eixo de rotação. Para segurança do voluntário, o ângulo máximo do braço mecânico foi limitado por uma interface homem-máquina (IHM). O valor do ângulo do braço mecânico foi programado para atingir no máximo 152,5° de amplitude. O aparelho *Flexmachine* permite um deslocamento horizontal que juntamente com o ajuste vertical do banco possibilita o alinhamento do eixo do braço mecânico com o côndilo lateral do fêmur. Para verificar esse alinhamento, uma ponteira a laser, localizada no eixo do braço mecânico, foi alinhada sobre uma marcação realizada previamente na referência anatômica (côndilo lateral do fêmur).

O potenciômetro presente no aparelho *Flexmachine* foi calibrado utilizando um goniômetro digital Bosch (precisão de 0,5°). O delta dos valores da ADM será dividido pelo delta das voltagens equivalente para cada angulação conhecida, possibilitando encontrar a função ($f(x) = a + bx$) que descreve o comportamento da ADM em função da voltagem. Utilizando o programa *DasyLab* 11.0 (*Dasytec Daten System Technik GmbH*, *Germany*) foi calculada a equação linear da variação da voltagem do potenciômetro em função da variação da ADM

observada no goniômetro digital, a partir da posição inicial do braço mecânico, e a cada 10° até a posição final para corrigir possíveis erros de linearidade do posicionamento. Em seguida, o braço mecânico foi posicionado em ângulos conhecidos para verificar a precisão das medidas, sendo admitido um erro inferior a 1° .

Para a calibração da plataforma de força presente no aparelho *Flexmachine* foi realizado um processo de calibração por carregamento. Foi criada uma tabela com valores de peso conhecidos e o sinal em volts, equivalentes, apresentados pela plataforma. Essa tabela foi inserida no programa *DasyLab* 11.0 com objetivo de prever os valores de peso a partir da variação da voltagem apresentada pela plataforma. Para conferência dos valores foram posicionados pesos conhecidos sobre a plataforma de força, e foram admitidos erros de no máximo 2% do valor conhecido. Ainda no programa *DasyLab* 11.0, o valor de peso apresentado pela plataforma era relacionado com a distância da plataforma até o eixo do movimento, conferindo assim, o valor de torque.

A massa do segmento perna-pé foi medida para a correção do torque em relação à gravidade, com o objetivo de que os valores de torque obtidos na coleta representaram a resistência muscular ao alongamento. A correção da gravidade, durante o deslocamento angular do *Flexmachine*, foi realizada subtraindo da força, mensurada pelo equipamento, o resultado da multiplicação entre o seno do ângulo e a massa do segmento perna-pé. As massas (MMII D/E) do segmento perna-pé foram medidas posicionando os voluntários em decúbito dorsal sobre uma superfície de madeira, com o quadril e joelho a 90° e a perna apoiada sobre a plataforma de força.

Estes componentes (potenciômetro, a plataforma de força e o dispositivo PSDA) foram conectados a um Box de 16 canais (*biovision*), interligados a um computador por meio de um conversor analógico/digital *Data Translation (DT BNC Box USB 9800 Series)* e os dados mensurados foram armazenados de maneira sincronizada, a uma frequência de aquisição de 1000 Hz. A coleta e a análise dos sinais foram realizadas no programa *DasyLab* 11.0.

2.5.3 Posicionamento dos voluntários

Cada voluntário foi posicionado no *Flexmachine* com o terço distal do membro inferior a ser examinado sobre o suporte para a coxa com ajuste horizontal. Utilizando um goniômetro digital (*Bosch, DWM 40 L*), o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur foram alinhados para posicionar o quadril a 135° de flexão (45° em relação ao assento) (FIGURA 3B). A cadeira e o braço mecânico foram ajustados individualmente até que o côndilo lateral do fêmur, do membro a ser examinado, se alinhe com o eixo do braço mecânico por meio de uma ponteira luminosa. A plataforma de força foi posicionada a uma distância de aproximadamente dois centímetros acima do maléolo medial, e assim o membro inferior a ser examinado foi posicionado sobre a plataforma de força. O pé contralateral foi posicionado sobre blocos de madeira de alturas variáveis, mantendo toda a região plantar apoiada.

Para este estudo a posição inicial da ADM correspondeu à 27° de extensão de joelho (tendo como referência a posição em que zero (0) grau corresponde à perna posicionada perpendicular ao solo) a partir de 45° de flexão de quadril.

2.6 Protocolo de teste

2.6.1 ADM_{PSDA} , $Torque_{PSDA}$, $ADM_{50\%}$ e $Torque_{50\%}$, $ADM_{MÁX}$ e $Torque_{MÁX}$

O protocolo de teste adotado nesta pesquisa foi similar ao utilizado em estudos prévios (MAGNUSSON, AAGARD e NIELSON, 2000; CABIDO *et al.*, 2014; PEIXOTO *et al.*, 2015).

Padronização para o teste: Foram realizadas seis tentativas válidas para cada MMII (pré e pós-teste). As três primeiras tentativas foram utilizadas como parâmetro de acomodação tecidual e a média das três restantes foi utilizada para análise dos dados. Os valores médios, obtidos no pré e pós-testes, foram utilizados para calcular a modificação média das variáveis do estudo por meio da fórmula: pós

- pré-teste. Em cada tentativa (manobra de teste), o joelho foi estendido passivamente pelo braço mecânico do *flexmachine* a uma velocidade $5^\circ/s$ (BLACKBURN *et al.*, 2004) até alcançar a $ADM_{MÁX}$ suportada pelo voluntário e, em seguida, retornar à posição inicial. O intervalo entre cada manobra de teste foi de aproximadamente 15 segundos, tempo necessário para subida e descida do braço mecânico da *flexmachine* e ajuste do programa.

Execução do teste: O indivíduo deveria permanecer com a musculatura relaxada durante todo o procedimento de coleta e, já devidamente posicionado no aparelho, recebeu dois dispositivos, sendo um para acionamento do motor (subida e descida do braço) e outro para registro da sensação de alongamento correspondentes à PSDA e ponto médio entre PSDA - $ADM_{MÁX}$. Ao comando do avaliador, o indivíduo pressionou o botão de subida no dispositivo de acionamento do motor, iniciando a extensão de joelho. Durante o movimento de extensão de joelho, o indivíduo foi orientado a pressionar o botão do dispositivo da PSDA duas vezes. A primeira vez, ao identificar a primeira sensação em que a musculatura foi alongada, registrando a ADM (ADM_{PSDA}) e o torque ($Torque_{PSDA}$). A segunda vez, quando identificou a sensação de alongamento correspondente ao ponto médio entre ADM_{PSDA} - $ADM_{MÁX}$ ($ADM_{50\%}$). Ao alcançar a $ADM_{MÁX}$, o voluntário, imediatamente, acionava o botão responsável por descer o braço mecânico até que este retorne à posição inicial. Para todas as manobras de teste, o voluntário usou uma venda nos olhos, a fim de evitar que fosse estabelecido um ponto visual para determinação das variáveis do estudo.

Variáveis investigadas: $ADM_{MÁX}$, $Torque_{MÁX}$, ADM_{PSDA} , $Torque_{PSDA}$, $ADM_{50\%}$ e $Torque_{50\%}$.

2.6.2 Rigidez passiva e energia

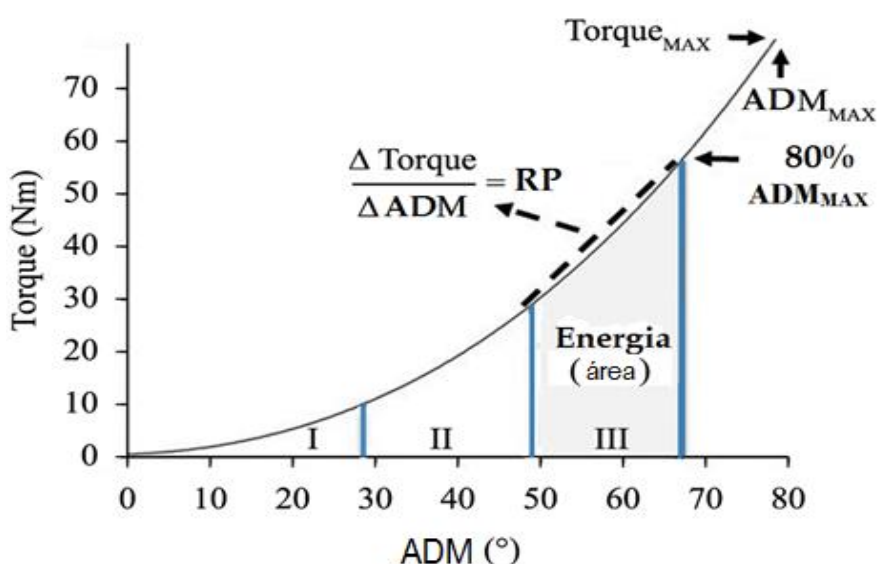
A rigidez passiva e energia foram obtidas de forma indireta, como realizado em estudo prévio (MAGNUSSON *et al.*, 1997; CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016). Inicialmente o torque foi plotado em função da ADM (curva torque - ADM) e em seguida, foi feito um corte a 80% do valor da $ADM_{MÁX}$. Este corte foi realizado para retirar um trecho no qual pode ter havido contribuição ativa

na resistência muscular ao alongamento e, determinar dessa forma, o valor de torque passivo, procedimento este semelhante ao realizado por Cabido *et al.* (2014). A partir desse corte, a curva torque passivo - ADM foi dividida em três trechos, e o terceiro trecho foi escolhido para cálculo da rigidez passiva (N.m/°) (FIGURA 4). Este trecho foi escolhido já que estudos anteriores apresentaram menores coeficientes de variação e maior confiabilidade para o terceiro trecho da curva torque-ADM (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; 1996b).

Além da rigidez, a energia (N.m*°) também foi calculada utilizando o terceiro trecho da curva (FIGURA 4) e representa a integral desse trecho, ou seja, a área abaixo da curva torque – ADM.

A comparação (rigidez passiva ou energia) entre as situações pré e pós-teste foi realizada utilizando o menor valor, correspondente a 80% da ADM_{MÁX}, encontrado no pré ou pós-teste de cada indivíduo (MAGNUSSON, AAGARD e NIELSON, 2000; CHAGAS *et al.*, 2016). Para garantir que a resistência ao alongamento da UMT fosse comparada na mesma ADM.

FIGURA 4 – Representação esquemática do cálculo da rigidez passiva e energia a partir da curva torque passivo (N.m) – ADM (°)



Legenda: ADM_{MÁX} - amplitude de movimento máxima; Torque_{MÁX} - torque de resistência máxima ao alongamento; I, II, III – delimitação na curva Torque de resistência (TR) x ADM, correspondentes ao primeiro, segundo e terceiro trecho, respectivamente. RP (rigidez passiva) = (Δ TR) / (Δ ADM) (Variação do TR dividida pela variação da ADM), sendo expressa como inclinação da curva torque passivo – ADM no seu terceiro trecho (III); Fonte: Adaptado de Cabido *et al.*, 2014.

2.7 Protocolo de treinamento

2.7.1 Exercícios de alongamento muscular

O treinamento da flexibilidade foi realizado por meio de uma sessão de alongamento em cada uma das condições de intervenção CO (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}) e CS (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}), sendo realizadas em sessões distintas. O controle da intensidade de alongamento foi realizado de forma objetiva (CO) e subjetiva (CS). Ambas com carga de treinamento de seis repetições com duração de 30s (AYALA e ANDUJAR, 2010; YLINEN *et al.*, 2009; PEIXOTO *et al.*, 2015), totalizando 180s por sessão, com pausa entre as séries (tempo aproximado entre o final de uma série e início da próxima série) de 15s. A velocidade de alongamento foi fixada em 5°/s (GRILL e HALLET, 1995).

A duração do estímulo de alongamento proposta baseia-se nos estudos de Bandy e Irion (1994); Bandy *et al.* (1997), que definiram 30s como uma duração suficiente para gerar ganhos agudos significativos na ADM. As formas de controlar as intensidades (CO e CS) foram adotadas por apresentarem parâmetros relacionados à intensidade do estímulo ao alongamento. Assim, a intensidade estaria mais próxima daquela que foi prescrita durante o período de alongamento.

2.7.2 Intensidade do alongamento

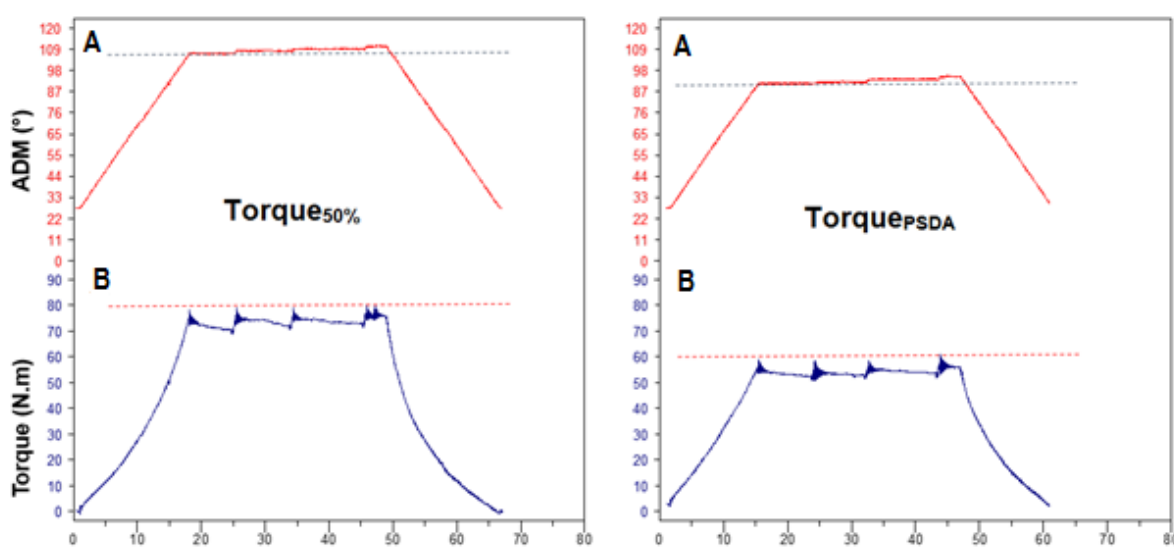
Foram utilizadas duas intensidades, sendo o torque correspondente a ADM_{PSDA} (Torque_{PSDA}) e o torque correspondente a ADM_{50%} (Torque_{50%}), que foram identificadas individualmente no pré-teste da sessão de treinamento correspondente.

2.7.3 Controle da intensidade (CO) e (CS)

2.7.3.1 Controle Objetivo (CO)

No CO, as intensidades ($\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ e ou $\text{Torque}_{50\%}$) para o treinamento foram fornecidas ao voluntário. Assim, durante o treinamento, ao alcançar o torque determinado para a intervenção, o cronômetro foi acionado automaticamente. O indivíduo foi orientado a manter o torque constante (TC) ao longo dos 30s (FIGURA 5B), o ajuste do torque foi realizado pelo voluntário por meio do aumento da extensão do joelho (ADM), caso necessário (FIGURA 5A), permitindo uma variação de 5 N.m (CABIDO *et al.*, 2014). O valor de torque, a ser mantido constante, foi constantemente visualizado por meio de um monitor, localizado em frente ao voluntário. Procedimento semelhante realizado em estudos prévios (CABIDO *et al.*, 2014; PEIXOTO, 2015).

FIGURA 5 – Exemplo de um participante realizando um protocolo de alongamento com o controle da intensidade de forma objetiva (CO)

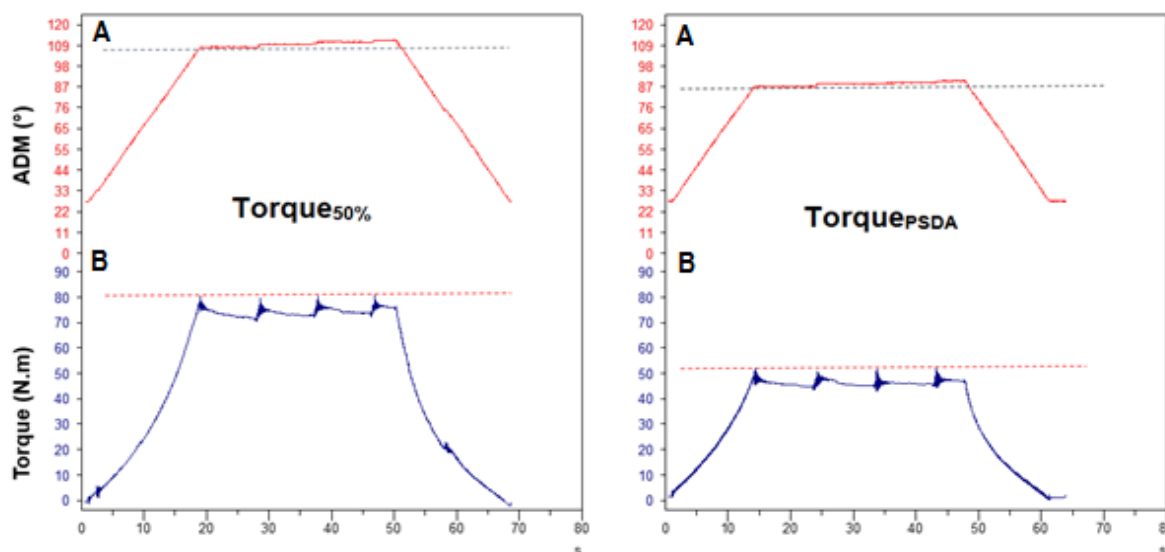


Legenda: A) Torque passivo (N.m); B) ADM - Amplitude de movimento (em graus [°]); ambos registrados durante o período de alongamento (s). A linha pontilhada em B representa ajuste da ADM para correção do torque em A; a esquerda, intensidade do alongamento $\text{Torque}_{50\%}$ (ponto médio entre os limites inferior (ADM_{PSDA}) e superior ($\text{ADM}_{\text{MÁX}}$) do *continuum* de tolerância ao alongamento); a direita intensidade $\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ (ponto correspondente a ADM_{PSDA}); ADM_{PSDA} (amplitude de movimento correspondente a primeira sensação de alongamento); $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$ (amplitude de movimento correspondente a tolerância máxima ao alongamento); Fonte: Dados da pesquisa.

2.7.3.2 Controle Subjetivo (CS)

No CS, o indivíduo ao identificar uma das intensidades, baseada na sensação de alongamento determinadas para o treinamento (Torque_{PSDA} e ou Torque_{50%}), foi orientado a relatar verbalmente em voz alta que atingiu a intensidade determinada (cronômetro será disparado nesse momento) e manter, de forma constante, a respectiva sensação por 30s (FIGURA 6B). Assim, caso o indivíduo percebesse uma redução da intensidade por meio de sua sensação, a correção para ADMs maiores (extensão do joelho) (FIGURA 6A) deveria ser realizada para manutenção da intensidade.

FIGURA 6 – Exemplo de um participante realizando um protocolo de alongamento com o controle da intensidade de forma subjetiva (CS)



Legenda: A) Torque passivo (N.m); B) ADM - Amplitude de movimento (em graus [°]); ambos registrados durante o período de alongamento (s). A linha pontilhada em B representa ajuste da ADM para correção da sensação de alongamento representado pelo torque em A; a esquerda, intensidade do alongamento Torque_{50%} (ponto médio entre os limites inferior (ADM_{PSDA}) e superior (ADM_{MÁX}) do *continuum* de tolerância ao alongamento); a direita intensidade Torque_{PSDA} (ponto correspondente a ADM_{PSDA}); ADM_{PSDA} (amplitude de movimento correspondente a primeira sensação de alongamento); ADM_{MÁX} (amplitude de movimento correspondente a tolerância máxima ao alongamento); Fonte: Dados da pesquisa.

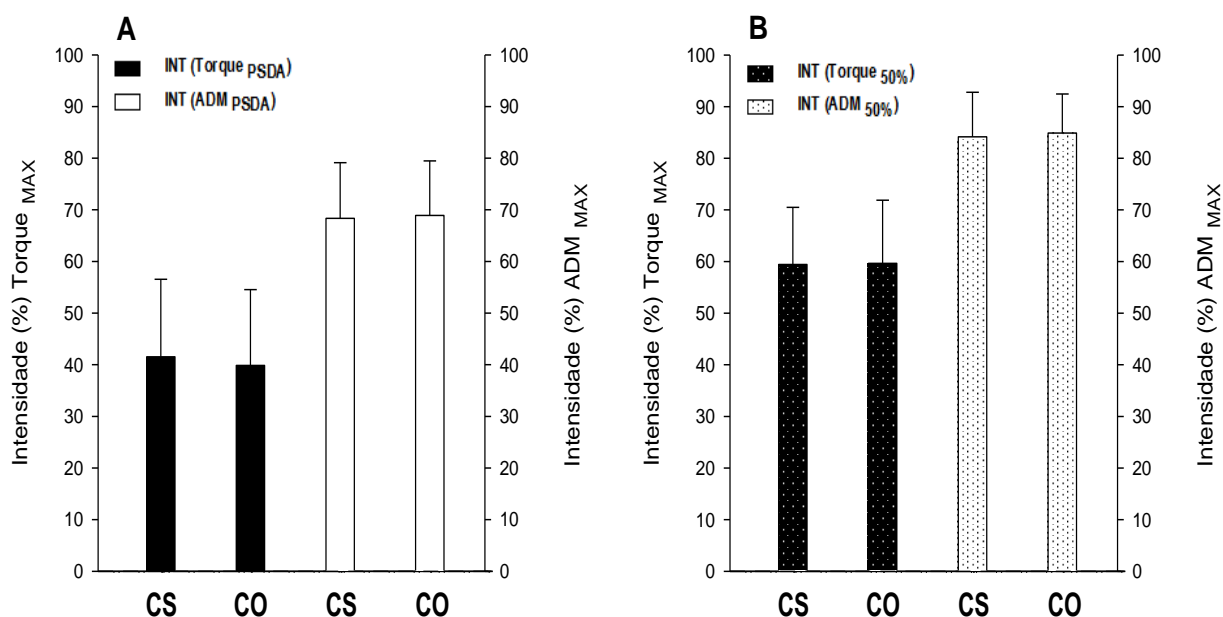
2.7.4 Comparação das intensidades (SUBJETIVA versus OBJETIVA)

Com o objetivo de impor mais rigor metodológico ao presente estudo, fez-se necessário verificar se o indivíduo consegue manter de forma subjetiva a intensidade de treinamento prescrita, comparando a intensidade de treinamento de forma objetiva, por meio do torque, ao longo das manobras de alongamento e a intensidade controlada de forma subjetiva, por meio do torque alcançado de acordo com a sua percepção ao alongamento.

Foram prescritas duas intensidades de alongamento (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}) controladas de forma subjetiva (CS) e objetiva (CO). A média dos valores do estímulo de alongamento, registrados a partir da (ADM e torque), das seis repetições de cada condição de treinamento foram utilizadas. Para cada repetição foi utilizada a média do estímulo de alongamento durante todo o período de alongamento. Assim, para comparar as intensidades do estudo (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}) entre as diferentes formas de controlar a intensidade (CO e CS) foi realizado um teste *t* de *Student* pareado, pois os dados, referentes as intensidades treinadas, não apresentaram desvios significativos da normalidade.

Na análise estatística realizada para comparar os valores médios percentuais (%) das intensidades (Torque_{PSDA} / ADM_{PSDA} e Torque_{50%} / ADM_{50%}) em relação ao Torque_{MÁX} / ADM_{MÁX} do pré-teste da sessão correspondente, entre as diferentes formas de controlar a intensidade (CS e CO), o teste *t student* de medidas pareadas não demonstrou diferença significativa entre as formas de controlar as intensidades - CS (Torque_{PSDA}) (41,53 ± 15,00%) e CO (Torque_{PSDA}) (39,87 ± 14,67%); CS (ADM_{PSDA}) (68,35 ± 10,78%) e CO (ADM_{PSDA}) (68,92 ± 10,54%), ($t_{(15)}=1,119$; $p=0,281$), ($t_{(15)}=-0,421$; $p=0,679$), respectivamente, (FIGURA 7A); CS (Torque_{50%}) (59,43 ± 11,06%) e CO (Torque_{50%}) (59,66 ± 12,20%); CS (ADM_{50%}) (84,16 ± 8,64%) e CO (ADM_{50%}) (84,88 ± 7,58%), ($t_{(15)}=-0,090$; $p=0,929$), ($t_{(15)}=-0,710$; $p=0,488$), respectivamente, (FIGURA 7B).

FIGURA 7- Média e desvio padrão das intensidades de treinamento entre os controles subjetivo e objetivo



Legenda: Intensidade de treinamento (INT) relativizado (% do máximo em relação a condição pré-treino correspondente); em A (esquerda) - intensidade Torque_{PSDA} (correspondente a ADM_{PSDA}); em B (direita) - intensidade Torque_{50%} (correspondente a ADM_{50%}); Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; Torque_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir do ponto médio do *continuum* de tolerância ao alongamento (correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}); CS (Controle da intensidade a partir da sensação de alongamento (subjetivo); CO (controle da intensidade objetivo a partir do valor de torque monitorado por meio de um monitor).

2.8 Operacionalização das variáveis do estudo

2.8.1 ADM_{MÁX} e Torque_{MÁX}

A ADM_{MÁX} foi definida pela máxima amplitude de movimento tolerada pelo indivíduo, durante a manobra de teste, na extensão passiva do joelho. O Torque_{MÁX} é o valor de torque que corresponde a essa ADM articular, como realizado em outros estudos (MAGNUSSON *et al.*, 2000; CABIDO *et al.*, 2014; PEIXOTO *et al.*, 2015).

2.8.2 ADM_{PSDA} e Torque_{PSDA}

A ADM_{PSDA} foi definida pela ADM que corresponde a primeira sensação de alongamento, durante a manobra de teste, na extensão passiva do joelho. Simultaneamente, o Torque_{PSDA} correspondente a ADM_{PSDA} também foi registrado, como reportado em estudos prévios (CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016).

2.8.3 ADM_{50%} e Torque_{50%}

A ADM_{50%} foi definida pela ADM da sensação de alongamento correspondente a média entre a ADM da primeira sensação de alongamento (ADM_{PSDA}) e a ADM da tolerância máxima ao alongamento (ADM_{MÁX}). Com o devido registro foi possível determinar simultaneamente o torque que corresponde a esta ADM (Torque_{50%}).

2.8.4 Rigidez passiva e energia

A rigidez passiva é uma estimativa da resistência passiva que a UMT oferece ao alongamento, sendo representada pela inclinação da curva torque passivo – ADM (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; CHAGAS *et al.*, 2016). A área abaixo dessa curva é representada pela energia, que indica a quantidade de carga mecânica absorvida pelo tecido, reutilizada ou dissipada em forma de calor (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; CABIDO *et al.*, 2014).

2.9 Análise estatística

O membro inferior direito dos voluntários foi aleatoriamente selecionado para a análise estatística e apenas os dados relacionados a este membro foram utilizados na análise, garantindo desta forma o tamanho amostral calculado previamente.

A caracterização da amostra foi realizada por meio de uma análise descritiva de medidas de tendência central (média), dispersão (desvio padrão) e amplitude (mínimo e máximo) para todas as variáveis do estudo (pré, pós-intervenção e Modificação média (Pós – Pré-teste)) em todas as condições experimentais. Os pressupostos para análise paramétrica (normalidade e a esfericidade dos dados) foram verificados pelo teste de *Shapiro-Wilk* e teste de *Mauchly*, respectivamente. Para desvios significativos da esfericidade utilizou-se a correção de *Greenhouse-Geisser*.

A confiabilidade das variáveis do estudo foi realizada por meio do coeficiente de correlação intraclassa ($CCI_{2,k}$), do erro padrão de medida (EPM) absoluto e percentual (percentual do EPM em relação à média dos valores pré-teste) (EPM%). A escolha do ($CCI_{2,k}$) se deu pelo fato de que esse tipo de CCI leva em consideração a presença do erro sistemático (tipo 2) e é calculado a partir da média de três tentativas (k). Para esse procedimento, os valores pré e pós-teste obtidos na condição Controle foram utilizados. A classificação adotada para os valores de CCI foram “muito baixo” (0,00 – 0,25), “baixo” (0,26 – 0,49), “moderado” (0,50 – 0,69), “alto” (0,70 – 0,89) e “muito alto” (0,90 – 1,00) (PORTNEY e WATKINS, 2009; WEIR, 2005).

A análise de variância (Anova) *one way*, com medidas repetidas, foi utilizada para verificar se a média dos valores pré-teste para cada variável ($ADM_{MÁX}$, $Torque_{MÁX}$, ADM_{PSDA} , $Torque_{PSDA}$, $ADM_{50\%}$, $Torque_{50\%}$, rigidez passiva e energia) diferiu entre as condições (Controle objetivo (CO) $Torque_{PSDA}$ e $Torque_{50\%}$ e Controle subjetivo (CS) $Torque_{PSDA}$ e $Torque_{50\%}$) e sessão controle (CON). Posteriormente, os dados foram analisados a partir da modificação média (Pós – Pré-teste) para cada variável. Dessa forma, a análise de variância (Anova) *two way*, com medidas repetidas, foi utilizada para verificar os efeitos principais das intensidades (CS: $Torque_{PSDA}$ e $Torque_{50\%}$; CO: $Torque_{PSDA}$ e $Torque_{50\%}$), das formas de controle da

intensidade (CO e CS) e da interação entre os fatores. Em caso de resultados significativos do teste F da Anova, o teste de *post hoc* de *Bonferroni (HSD)* foi utilizado para reportar as diferenças entre as condições estudadas para cada variável do estudo. O poder estatístico (ω) das análises de variância e o tamanho do efeito, reportado pelo *Eta Squared* (η^2) (FIELD, 2013), foram calculados para demonstrar a magnitude das diferenças. A classificação adotada para o tamanho do efeito (pequeno = 0,01, médio = 0,06, e grande = 0,14) (COHEN, 1988).

A análise estatística foi conduzida utilizando o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS version 22.0; Chicago, IL, USA). O nível de significância adotado foi de $\alpha < 5\%$.

3 RESULTADOS

Inicialmente estão apresentados os valores de confiabilidade das variáveis do estudo. Os dados descritivos de todas as variáveis estão apresentados no apêndice 3. Os dados, referentes às variáveis do estudo, apresentaram distribuição normal e atenderam ao pressuposto de esfericidade, atendendo os critérios para análise de variância (Anova) de medidas repetidas. Assim, no segundo momento, serão apresentados os resultados da Anova *one way* de medidas repetidas da média dos valores pré-teste para cada variável entre as condições experimentais. Por fim, os resultados da Anova *two way* de medidas repetidas da modificação média (Pós – Pré-teste) para cada variável entre as condições experimentais.

3.1 Confiabilidade das variáveis

O coeficiente de correlação intraclassa ($CCI_{2,k}$) e o erro padrão da medida, absoluto e relativo, para as variáveis $ADM_{MÁX}$, $Torque_{MÁX}$, ADM_{PSDA} , $Torque_{PSDA}$, $ADM_{50\%}$, $Torque_{50\%}$, rigidez passiva e energia estão descritos na tabela 2. Todas as variáveis do estudo apresentaram valores de $CCI \geq 0,94$, caracterizando excelente confiabilidade (CICCHETTI, 1994). Os valores de EPM (%) de cada variável variaram de 0,95% a 12,96%, indicando baixa variação do erro aleatório.

TABELA 2- Resultados da análise de confiabilidade da medida das variáveis do estudo (n=16)

Variável	CCI	EPM	EPM%
ADM_{MÁX}	0,99*	1,11 (°)	0,95
Torque_{MÁX}	0,97*	4,77 (Nm)	5,09
ADM_{50%}	0,98*	2,38 (°)	2,7
Torque_{50%}	0,98*	3,11 (Nm)	6,82
ADM_{PSDA}	0,97*	3,32 (°)	4,85
Torque_{PSDA}	0,96*	3,31 (Nm)	12,96
Rigidez passiva	0,94*	0,08 (Nm/°)	7,14
Energia	0,99*	8,53 (Nm*°)	5,14

Legenda: CCI – coeficiente de correlação intraclasse; EPM – erro padrão da medida; EPM% – percentual do EPM em relação à média dos valores pré-teste; ADM_{MÁX} – amplitude de movimento máxima; Torque_{MÁX} – torque máximo; ADM_{50%} – amplitude de movimento relacionada à sensação de alongamento correspondente ao ponto médio dos limites inferior (ADM_{PSDA}) e superior (ADM_{MÁX}); Torque_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir de um ponto correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}). ADM_{PSDA} – amplitude de movimento correspondente à primeira sensação ao alongamento; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; *(p=0,001); n=16.

3.2 Análise de variância pré-teste

Na análise estatística realizada para comparar os valores médios obtidos no pré-teste, a ANOVA *one way* com medidas repetidas não demonstrou diferença significativa entre as condições CON, CS (Torque_{PSDA}), CS (Torque_{50%}), CO (Torque_{PSDA}) e CO (Torque_{50%}) para as variáveis ADM_{MÁX} ($F_{(2,40)}=2,063$; $p=0,125$; $\eta^2=0,121$; $\omega=0,467$), Torque_{MÁX} ($F_{(4,60)}=1,247$; $p=0,301$; $\eta^2=0,077$; $\omega=0,367$), ADM_{PSDA} ($F_{(4,60)}=1,148$; $p=0,343$; $\eta^2=0,071$; $\omega=0,339$), Torque_{PSDA} ($F_{(2,30)}=0,898$; $p=0,420$; $\eta^2=0,056$; $\omega=0,192$), ADM_{50%} ($F_{(1,15)}=2,841$; $p=0,113$; $\eta^2=0,159$; $\omega=0,351$), Torque_{50%} ($F_{(2,38)}=2,024$; $p=0,134$; $\eta^2=0,119$; $\omega=0,445$), rigidez passiva ($F_{(1,15)}=1,165$; $p=0,335$; $\eta^2=0,072$; $\omega=0,344$) e energia ($F_{(4,60)}=1,655$; $p=0,172$; $\eta^2=0,099$; $\omega=0,479$) (TABELA 3).

TABELA 3 – Média e desvio padrão das variáveis do estudo das condições CON, CS (Torque_{PSDA}), CS (Torque_{50%}), CO (Torque_{PSDA}) e CO (Torque_{50%}) para o momento pré-teste

CONDIÇÃO		CONTROLE	SUBJETIVO PSDA	SUBJETIVO 50%	OBJETIVO PSDA	OBJETIVO 50%
Variável	Teste	Média (± DP)	Média (± DP)	Média (± DP)	Média (± DP)	Média (± DP)
ADM _{MÁX} (°)	PRÉ	117,1 ± 16,1	118,7 ± 16,0	119,8 ± 15,4	121,3 ± 13,4	120,1 ± 13,9
Torque _{MÁX} (Nm)	PRÉ	93,7 ± 25,5	95,1 ± 26,0	95,6 ± 25,6	99,0 ± 23,9	98,6 ± 27,0
ADM _{50%} (°)	PRÉ	88,1 ± 12,7	93,3 ± 14,7	90,3 ± 13,6	92,6 ± 10,8	91,6 ± 12,1
Torque _{50%} (Nm)	PRÉ	45,7 ± 16,3	52,2 ± 18,8	47,7 ± 17,2	50,4 ± 14,0	51,3 ± 16,9
ADM _{PSDA} (°)	PRÉ	68,3 ± 14,4	71,5 ± 15,5	69,8 ± 13,5	70,8 ± 13,4	71,1 ± 13,0
Torque _{PSDA} (Nm)	PRÉ	25,5 ± 12,8	28,8 ± 16,0	27,0 ± 12,3	27,3 ± 12,1	29,1 ± 14,0
RP (Nm/°)	PRÉ	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,3	1,1 ± 0,3	1,1 ± 0,2	1,8 ± 0,3
Energia (Nm°)	PRÉ	165,9 ± 59,7	180,9 ± 83,0	176,6 ± 68,1	182,5 ± 59,6	191,9 ± 61,9

Legenda: ADM_{MÁX} – amplitude de movimento máxima; TORQUE_{MÁX} – torque máximo; ADM_{50%} – amplitude de movimento relacionada à sensação de alongamento correspondente ao ponto médio dos limites inferior (ADM_{PSDA}) e superior (ADM_{MÁX}); TORQUE_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir de um ponto correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}). ADM_{PSDA} – amplitude de movimento correspondente à primeira sensação ao alongamento; TORQUE_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; RP (rigidez passiva); CON- Condição Controle; CS- Controle Subjetivo; CO- Controle Objetivo.

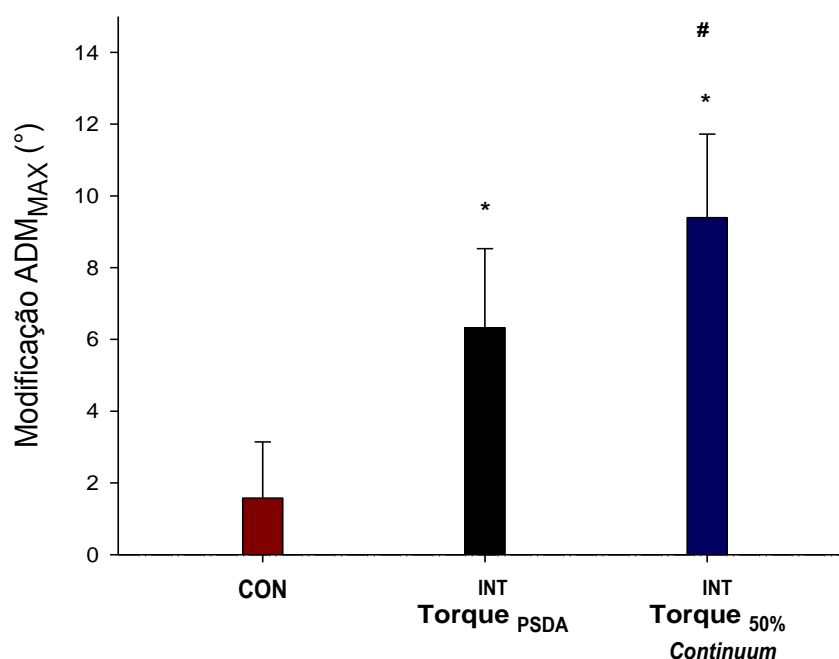
3.3 Medidas da modificação média (pós - pré-teste)

3.3.1 ADM_{MÁX}

A ANOVA *two way* de medidas repetidas (fator denominado controle da intensidade com dois níveis (subjetivo x objetivo) e fator intensidade com três níveis (CON, Torque_{PSDA} e Torque_{50%})) não apresentou interação significativa nos valores de modificação média da ADM_{MÁX} entre os fatores ($F_{(2,30)} = 1,179$; $p=0,321$; $\eta^2=0,073$; $\omega=0,238$). Foi encontrado efeito principal significativo do fator intensidade e com tamanho do efeito grande nos valores de modificação média da ADM_{MÁX} ($F_{(2,30)} = 94,420$; $p<0,001$; $\eta^2=0,863$; $\omega=1$). Posteriormente, na comparação entre os efeitos das intensidades e a sessão controle, foi identificado que a média agrupada da modificação da ADM_{MÁX} para as intensidades Torque_{PSDA} ($6,32^\circ \pm 2,20^\circ$, $p<0,001$,

aumento de 5,27%) e Torque_{50%} ($9,39^\circ \pm 2,33^\circ$, $p < 0,001$, aumento de 7,83%) foram significativamente maiores comparadas com a condição CON ($1,58^\circ \pm 1,57^\circ$, aumento de 1,34%), e a intensidade Torque_{50%} foi significativamente maior comparado com a intensidade Torque_{PSDA} ($p < 0,001$), independente da forma de controlar a intensidade (CS ou CO) (FIGURA 8). Não houve efeito principal significativo do fator controle da intensidade (CS e CO), independente da intensidade (Torque_{PSDA} ou Torque_{50%}), nos valores de modificação média da ADM_{MÁX} ($F_{(1,15)} = 0,010$; $p = 0,920$; $\eta^2 = 0,001$; $\omega = 0,051$) (FIGURA 9).

FIGURA 8- Média e desvio padrão da modificação da ADM_{MÁX} entre as diferentes intensidades

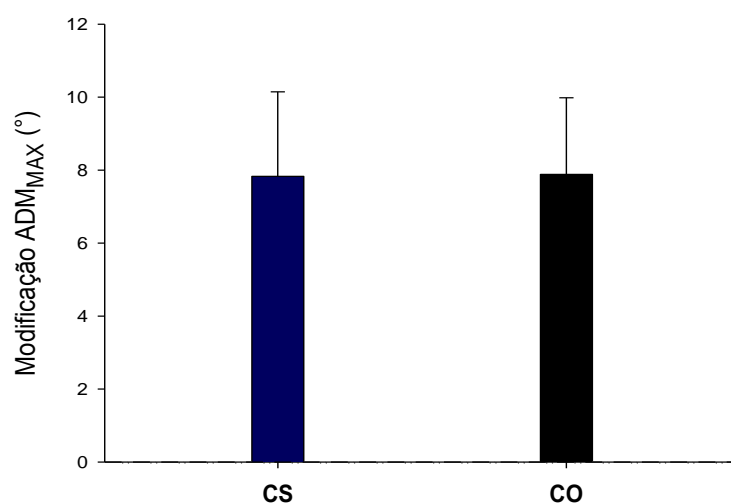


Legenda: ADM_{MÁX} – amplitude de movimento máxima (°); CON (condição controle; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; Torque_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir do ponto médio do *continuum* de tolerância ao alongamento (correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}); Intensidade (INT) de treinamento Torque_{PSDA} e Torque_{50%}.

* Diferença significativa em relação à condição controle ($p < 0,05$).

Diferença significativa em relação à condição Torque_{PSDA} ($p < 0,05$).

FIGURA 9- Média e desvio padrão da modificação da $ADM_{MÁX}$ entre o controle objetivo (CO) e o controle subjetivo (CS) das intensidades

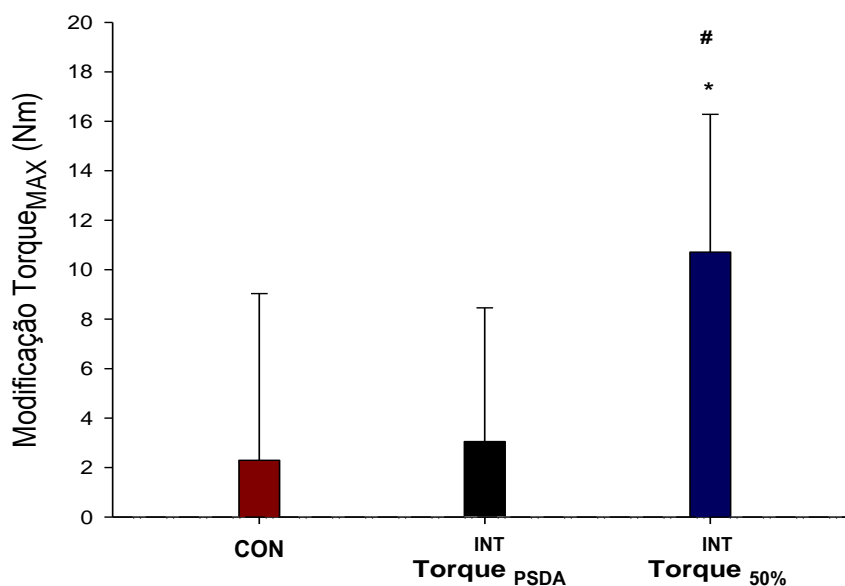


Legenda: $ADM_{MÁX}$ – amplitude de movimento máxima (°); Condições de treinamento - CS (controle subjetivo) e CO (controle objetivo) das intensidades.

3.3.2 Torque $MÁX$

A ANOVA *two way* de medidas repetidas (fator denominado controle da intensidade com dois níveis (subjetivo x objetivo) e fator intensidade com três níveis (CON, Torque $PSDA$ e Torque 50%)) não apresentou interação significativa nos valores de modificação média do Torque $MÁX$ entre os fatores ($F_{(2,30)} = 0,230$; $p=0,796$; $\eta^2=0,015$; $\omega=0,083$). Foi encontrado efeito principal significativo do fator intensidade e com tamanho do efeito grande nos valores de modificação média do Torque $MÁX$ ($F_{(1,22)} = 10,912$; $p<0,001$; $\eta^2=0,421$; $\omega=1$). Posteriormente, na comparação entre os efeitos das intensidades e a sessão controle, foi identificado que a média agrupada da modificação do Torque $MÁX$ para a intensidade Torque 50% (10,71 Nm \pm 5,57 Nm, aumento de 11,03%) foi significativamente maior comparado com a intensidade Torque $PSDA$ (3,05 Nm \pm 5,41 Nm, aumento de 3,15%) ($p<0,001$) e a condição CON (2,29 Nm \pm 6,74 Nm, aumento de 2,44%) ($p=0,003$), sem diferença entre a intensidade Torque $PSDA$ e a condição CON ($p>0,05$), independente da forma de controlar a intensidade (CS ou CO) (FIGURA 10). Não houve efeito principal significativo do fator controle da intensidade (CS e CO), independente da intensidade (Torque $PSDA$ ou Torque 50%), nos valores de modificação média do Torque $MÁX$ ($F_{(1,15)} = 0,161$; $p=0,694$; $\eta^2=0,011$; $\omega=0,066$) (FIGURA 11).

FIGURA 10- Média e desvio padrão da modificação do Torque_{MÁX} entre as diferentes intensidades

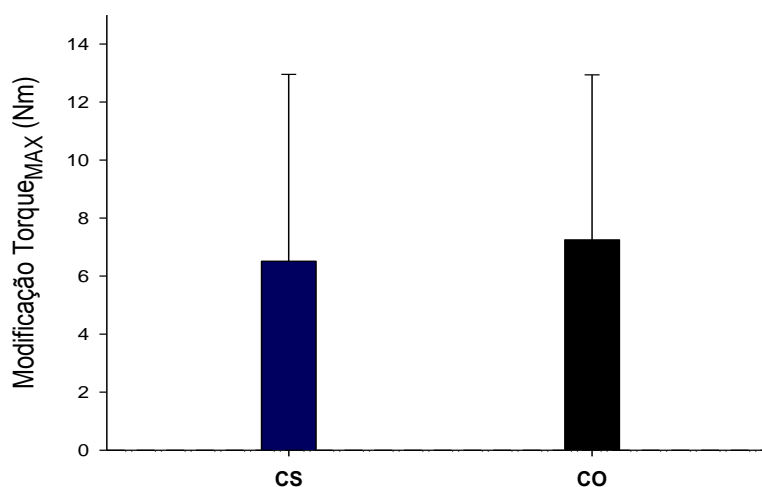


Legenda: Torque_{MÁX} – torque de resistência correspondente a amplitude de movimento máxima (Nm); CON (condição controle; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; Torque_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir do ponto médio do *continuum* de tolerância ao alongamento (correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}); Intensidade (INT) de treinamento Torque_{PSDA} e Torque_{50%}.

* Diferença significativa em relação à condição controle ($p < 0,05$).

Diferença significativa em relação à condição Torque_{PSDA} ($p < 0,05$).

FIGURA 11- Média e desvio padrão da modificação do Torque_{MÁX} entre o controle objetivo (CO) e o controle subjetivo (CS) das intensidades

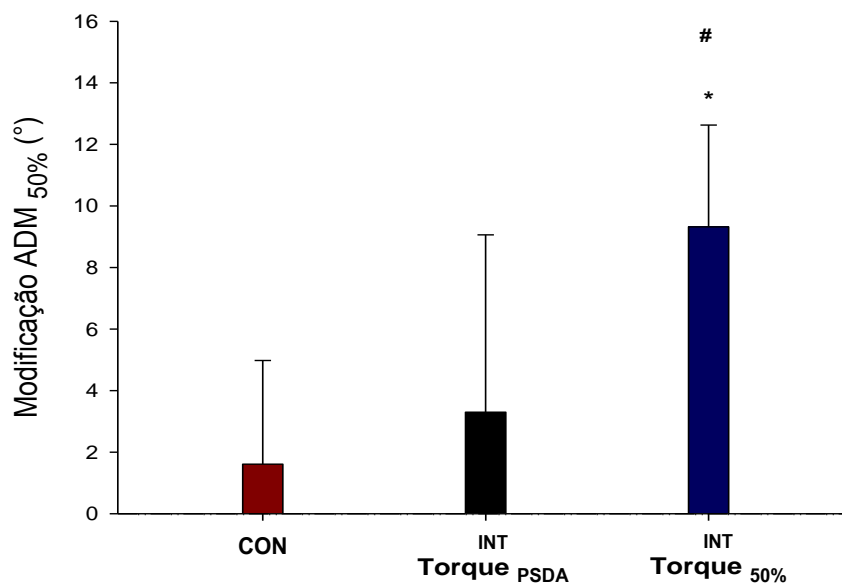


Legenda: Torque_{MÁX} – torque de resistência correspondente a amplitude de movimento máxima (°); Condições de treinamento - CS (controle subjetivo) e CO (controle objetivo) das intensidades.

3.3.3 ADM_{50%}

A ANOVA *two way* de medidas repetidas (fator denominado controle da intensidade com dois níveis (subjetivo x objetivo) e fator intensidade com três níveis (CON, Torque_{PSDA} e Torque_{50%}) não apresentou interação significativa nos valores de modificação média da ADM_{50%} entre os fatores ($F_{(2,30)} = 0,110$; $p=0,896$; $\eta^2=0,007$; $\omega=0,065$). Foi encontrado efeito principal significativo do fator intensidade e com tamanho do efeito grande nos valores de modificação média da ADM_{50%} ($F_{(1,20)} = 15,169$; $p<0,001$; $\eta^2=0,503$; $\omega=0,985$). Posteriormente, na comparação entre os efeitos das intensidades e a sessão controle, foi identificado que a média agrupada da modificação da ADM_{50%} para a intensidade Torque_{50%} ($9,32^\circ \pm 3,31^\circ$, aumento de 10,24%) foi significativamente maior comparado com a intensidade Torque_{PSDA} ($3,30^\circ \pm 5,76^\circ$, aumento de 3,55%) ($p<0,001$) e a condição CON ($1,61^\circ \pm 3,37^\circ$, aumento de 1,83%) ($p<0,001$), sem diferença entre a intensidade Torque_{PSDA} e a condição CON ($p>0,05$), independente da forma de controlar a intensidade (CS ou CO) (FIGURA 12). Não houve efeito principal significativo do fator controle da intensidade (CS e CO), independente da intensidade (Torque_{PSDA} ou Torque_{50%}), nos valores de modificação média da ADM_{50%} ($F_{(1,15)} = 0,269$; $p=0,612$; $\eta^2=0,018$; $\omega=0,077$) (FIGURA 13).

FIGURA 12- Média e desvio padrão da modificação da ADM_{50%} entre as diferentes intensidades

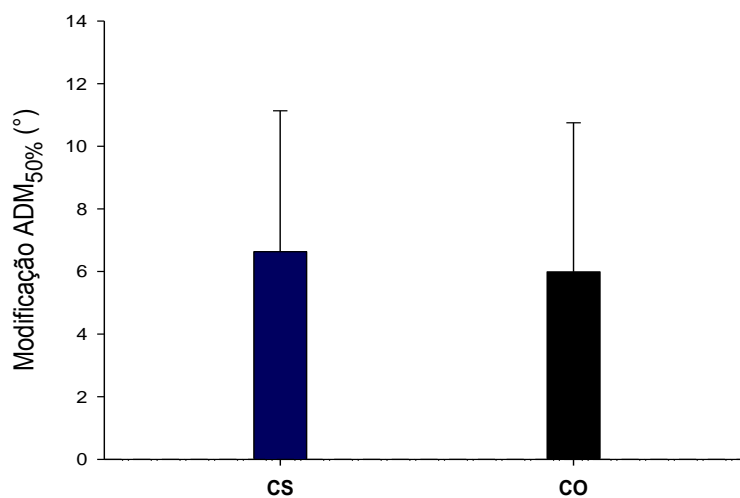


Legenda: ADM_{50%} – amplitude de movimento correspondente ao ponto médio entre os limites inferior e superior do *continuum* de tolerância ao alongamento (°); CON (condição controle; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento); Torque_{50%} – torque de resistência correspondente ao ponto da ADM_{50%}; Intensidade (INT) de treinamento Torque_{PSDA} e Torque_{50%}.

* Diferença significativa em relação à condição controle ($p < 0,05$).

Diferença significativa em relação à condição Torque_{PSDA} ($p < 0,05$).

FIGURA 13- Média e desvio padrão da modificação da ADM_{50%} entre o controle objetivo (CO) e o controle subjetivo (CS) das intensidades

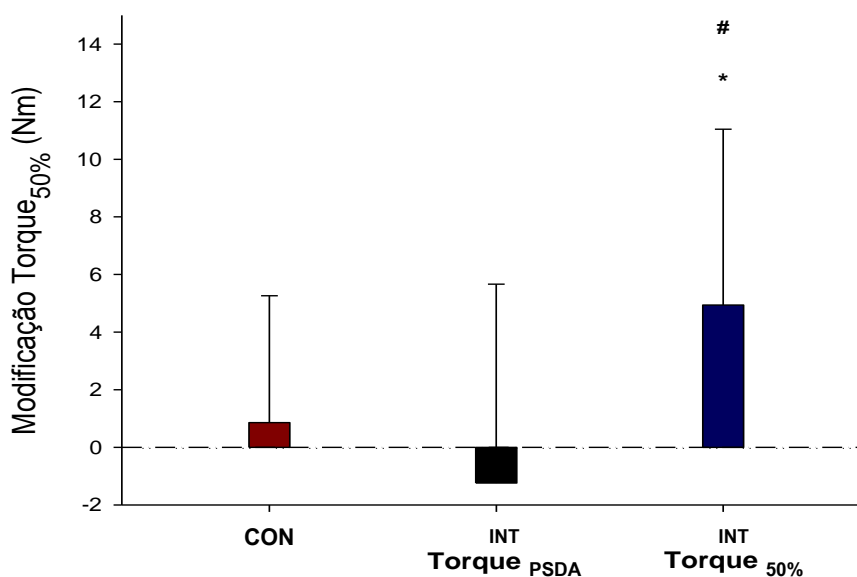


Legenda: ADM_{50%} – amplitude de movimento correspondente ao ponto médio entre os limites inferior e superior do *continuum* de tolerância ao alongamento (°); Condições de treinamento - CS (controle subjetivo) e CO (controle objetivo) das intensidades.

3.3.4 Torque_{50%}

A ANOVA *two way* de medidas repetidas (fator denominado controle da intensidade com dois níveis (subjetivo x objetivo) e fator intensidade com três níveis (CON, Torque_{PSDA} e Torque_{50%}) não apresentou interação significativa nos valores de modificação média do Torque_{50%} entre os fatores ($F_{(2,30)} = 0,943$; $p=0,401$; $\eta^2=0,059$; $\omega=0,198$). Foi encontrado efeito principal significativo do fator intensidade e com tamanho do efeito grande nos valores de modificação média do Torque_{50%} ($F_{(2,30)} = 5,094$; $p=0,012$; $\eta^2=0,253$; $\omega=0,780$). Posteriormente, na comparação entre os efeitos das intensidades e a sessão controle, foi identificado que a média agrupada da modificação da variável Torque_{50%} para a intensidade Torque_{50%} (4,94 Nm \pm 6,10 Nm, aumento de 6,13%) foi significativamente maior comparado com a intensidade Torque_{PSDA} (-1,24 Nm \pm 6,90 Nm, redução de 2,41%) ($p=0,036$) e a condição CON (0,85 Nm \pm 4,40 Nm, aumento de 1,87%) ($p=0,050$), sem diferença entre a intensidade Torque_{PSDA} e a condição CON ($p>0,05$), independente da forma de controlar a intensidade (CS ou CO) (FIGURA 14). Não houve efeito principal significativo do fator controle da intensidade (CS e CO), independente da intensidade (Torque_{PSDA} ou Torque_{50%}), nos valores de modificação média do Torque_{50%} ($F_{(1,15)} = 0,243$; $p=0,629$; $\eta^2=0,016$; $\omega=0,075$) (FIGURA 15).

FIGURA 14- Média e desvio padrão da modificação do Torque_{50%} entre as diferentes intensidades

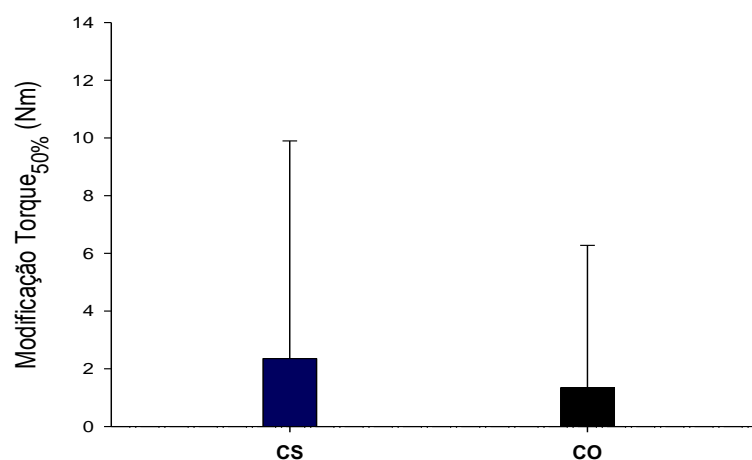


Legenda: Torque_{50%} – torque de resistência correspondente a ADM_{50%}; ADM_{50%} - amplitude de movimento correspondente ao ponto médio entre os limites inferior e superior do *continuum* de tolerância ao alongamento (°); CON (condição controle; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento); Torque_{50%} – torque de resistência correspondente ao ponto da ADM_{50%}; Intensidade (INT) de treinamento Torque_{PSDA} e Torque_{50%}.

* Diferença significativa em relação à condição controle ($p < 0,05$).

Diferença significativa em relação à condição Torque_{PSDA} ($p < 0,05$).

FIGURA 15- Média e desvio padrão da modificação do Torque_{50%} entre o controle objetivo (CO) e o controle subjetivo (CS) das intensidades

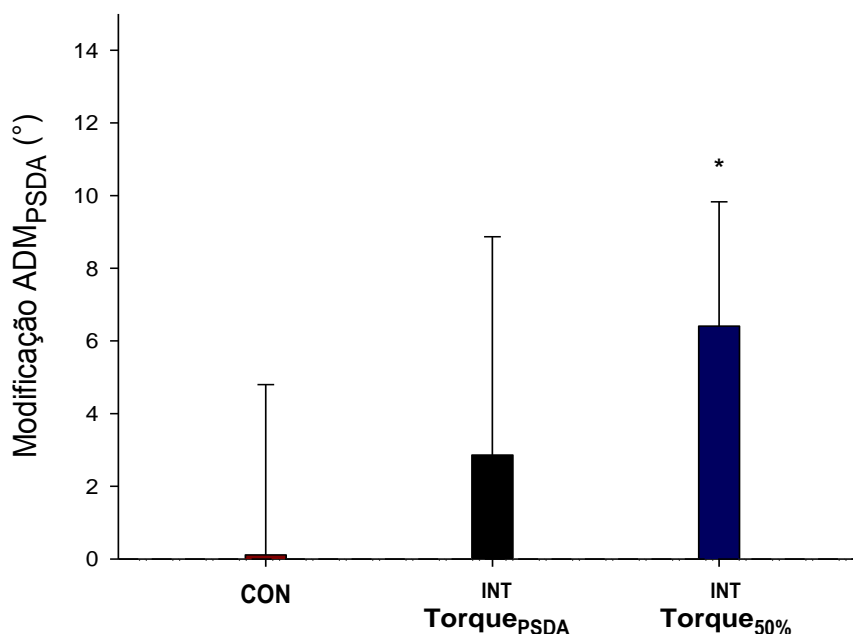


Legenda: Torque_{50%} - torque de resistência correspondente a ADM_{50%}; ADM_{50%} – amplitude de movimento correspondente ao ponto médio entre os limites inferior e superior do *continuum* de tolerância ao alongamento (°); Condições de treinamento - CS (controle subjetivo) e CO (controle objetivo) das intensidades.

3.3.5 ADM_{PSDA}

A ANOVA *two way* de medidas repetidas (fator denominado controle da intensidade com dois níveis (subjetivo x objetivo) e fator intensidade com três níveis (CON, Torque_{PSDA} e Torque_{50%}) não apresentou interação significativa nos valores de modificação média da ADM_{PSDA} entre os fatores ($F_{(2,30)} = 0,912$; $p=0,413$; $\eta^2=0,057$; $\omega=0,193$). Foi encontrado efeito principal significativo do fator intensidade e com tamanho do efeito grande nos valores de modificação média da ADM_{PSDA} ($F_{(2,30)} = 7,155$; $p=0,003$; $\eta^2=0,323$; $\omega=0,906$). Posteriormente, na comparação entre os efeitos das intensidades e a sessão controle, foi identificado que a média agrupada da modificação da ADM_{PSDA} para a condição CON ($0,11^\circ \pm 4,69^\circ$, aumento de 0,16%) foi significativamente menor comparado com a intensidade Torque_{50%} ($6,41^\circ \pm 3,42^\circ$, $p=0,002$, aumento de 9,09%), sem diferença entre a intensidade Torque_{PSDA} ($2,86^\circ \pm 6,00^\circ$, aumento de 4,01%) e as condições CON ($p=0,469$) e a intensidade Torque_{50%} ($p=0,161$), independente da forma de controlar a intensidade (CS ou CO) (FIGURA 16). Não houve efeito principal significativo do fator controle da intensidade (CS e CO), independente da intensidade (Torque_{PSDA} ou Torque_{50%}), nos valores de modificação média da ADM_{PSDA} ($F_{(1,15)} = 0,430$; $p=0,522$; $\eta^2=0,028$; $\omega=0,094$) (FIGURA 17).

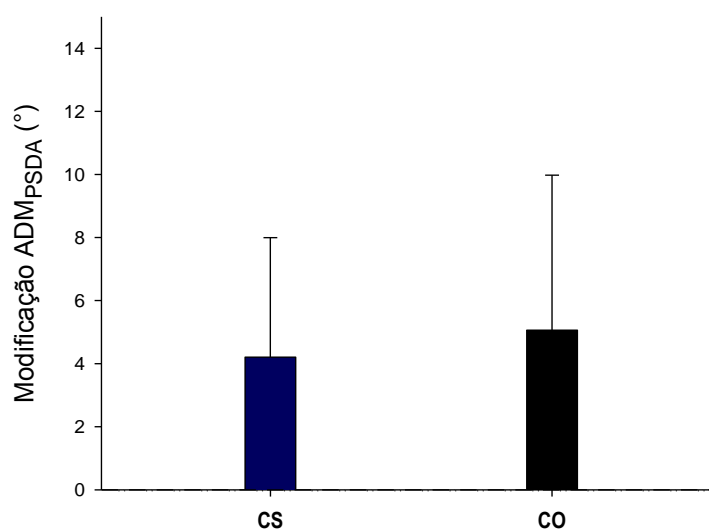
FIGURA 16- Média e desvio padrão da modificação da ADM_{PSDA} entre as diferentes intensidades



Legenda: ADM_{PSDA} – amplitude de movimento correspondente a primeira sensação de alongamento (°); CON (condição controle; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; Torque_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir do ponto médio do *continuum* de tolerância ao alongamento (correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}); Intensidade (INT) de treinamento Torque_{PSDA} e Torque_{50%}.

* Diferença significativa em relação à condição controle (p<0,05).

FIGURA 17- Média e desvio padrão da modificação da ADM_{PSDA} entre o controle objetivo (CO) e o controle subjetivo (CS) das intensidades

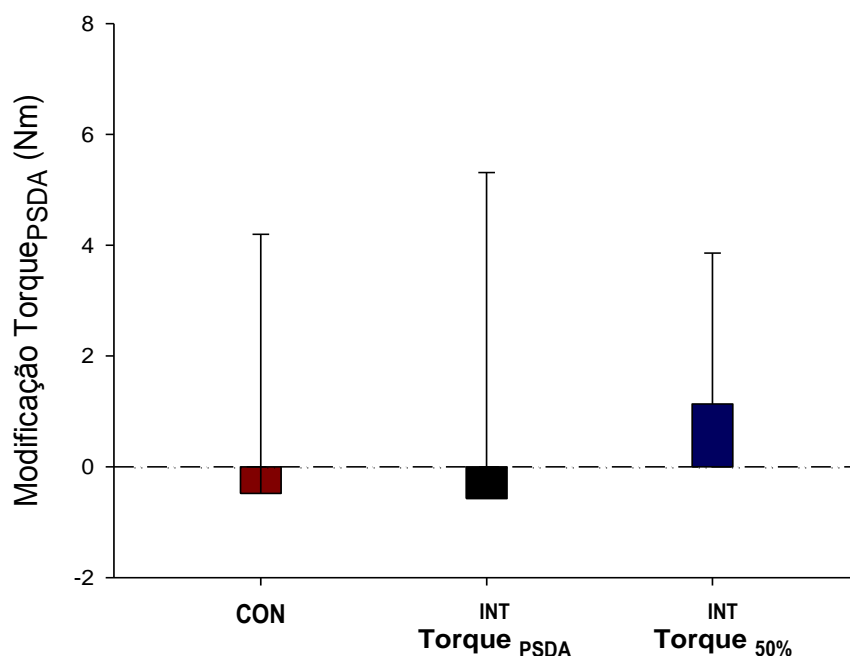


Legenda: ADM_{PSDA} – amplitude de movimento correspondente a primeira sensação de alongamento (°); Condições de treinamento - CS (controle subjetivo) e CO (controle objetivo) das intensidades.

3.3.6 Torque_{PSDA}

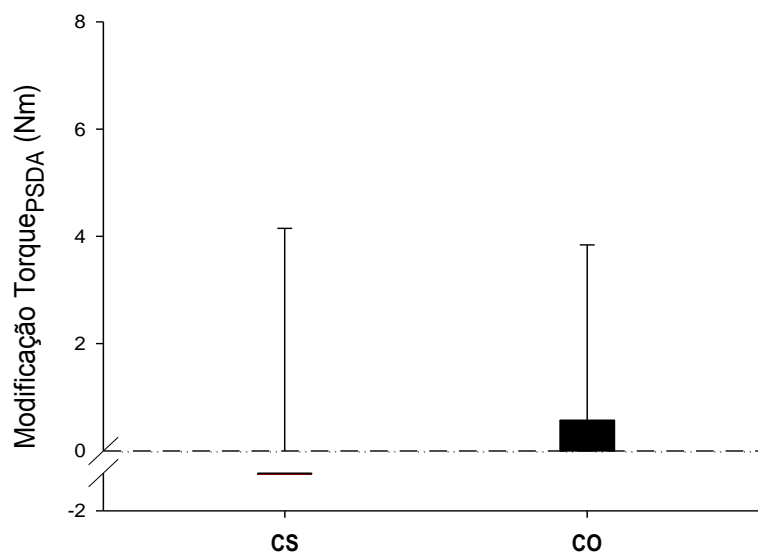
A ANOVA *two way* de medidas repetidas (fator denominado controle da intensidade com dois níveis (subjetivo x objetivo) e fator intensidade com três níveis (CON, Torque_{PSDA} e Torque_{50%})) não apresentou interação significativa entre os fatores nos valores de modificação média do Torque_{PSDA} ($F_{(2,30)} = 3,703$; $p=0,073$; $\eta^2=0,198$; $\omega=0,437$). Não foi encontrado efeito principal significativo dos fatores, intensidade (CON: $-0,48 \text{ Nm} \pm 4,68 \text{ Nm}$, redução de 1,88%; Torque_{PSDA}: $-0,57 \text{ Nm} \pm 5,89 \text{ Nm}$, redução de 2,04%; Torque_{50%}: $1,13 \text{ Nm} \pm 2,72 \text{ Nm}$, aumento de 4,05%) e controle da intensidade (CO e CS), ($F_{(1,15)} = 0,305$; $p=0,589$; $\eta^2=0,020$; $\omega=0,081$), ($F_{(2,30)} = 0,772$; $p=0,471$; $\eta^2=0,049$; $\omega=0,169$), respectivamente, nos valores de modificação da média agrupada do Torque_{PSDA} (FIGURA 18) e (FIGURA 19).

FIGURA 18- Média e desvio padrão da modificação do Torque_{PSDA} entre as diferentes intensidades



Legenda: Torque_{PSDA} – torque de resistência correspondente a primeira sensação de alongamento (Nm); CON (condição controle; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; Torque_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir do ponto médio do *continuum* de tolerância ao alongamento (correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}); Intensidade (INT) de treinamento Torque_{PSDA} e Torque_{50%}.

FIGURA 19- Média e desvio padrão da modificação do Torque_{PSDA} entre o controle objetivo (CO) e o controle subjetivo (CS) das intensidades



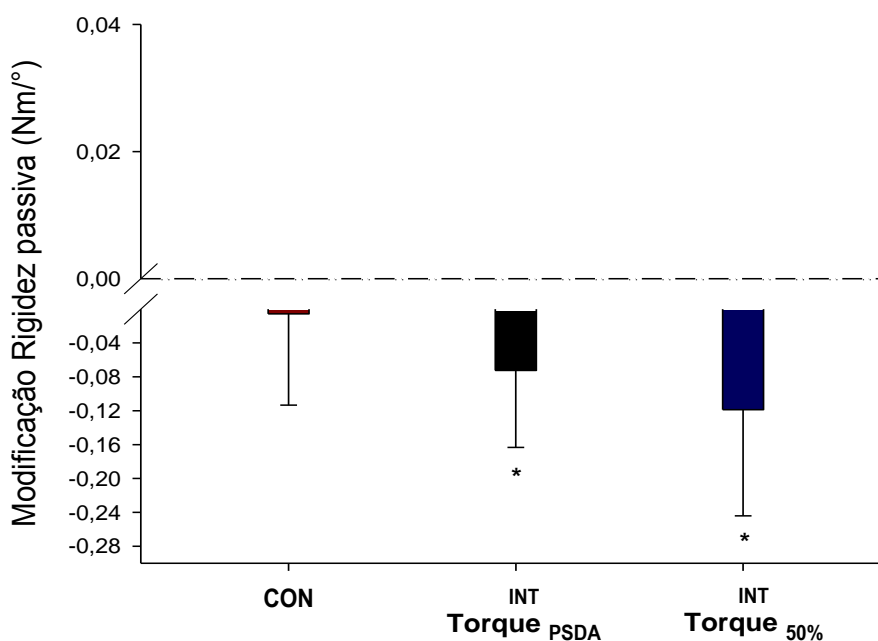
Legenda: Torque_{PSDA} – torque de resistência correspondente a primeira sensação de alongamento (Nm); Condições de treinamento - CS (controle subjetivo) e CO (controle objetivo) das intensidades.

3.3.7 Rigidez passiva

A ANOVA *two way* de medidas repetidas (fator denominado controle da intensidade com dois níveis (subjetivo x objetivo) e fator intensidade com três níveis (CON, Torque_{PSDA} e Torque_{50%})) não apresentou interação significativa nos valores de modificação média da rigidez passiva entre os fatores ($F_{(1,20)} = 1,069$; $p=0,334$; $\eta^2=0,067$; $\omega=0,181$). Foi encontrado efeito principal significativo do fator intensidade e com tamanho do efeito grande nos valores de modificação média da rigidez passiva ($F_{(2,30)} = 7,713$; $p=0,002$; $\eta^2=0,340$; $\omega=0,927$). Posteriormente, na comparação entre os efeitos das intensidades e a sessão controle, foi identificado que a média agrupada da modificação da rigidez passiva para as intensidades Torque_{PSDA} ($-0,074 \text{ Nm}^\circ \pm 0,09 \text{ Nm}^\circ$, $p<0,05$, redução de 6,73%) e Torque_{50%} ($-0,118 \text{ Nm}^\circ \pm 0,12 \text{ Nm}^\circ$, $p<0,05$, redução de 10,27%) foram significativamente menores comparadas com a condição CON ($-0,006 \text{ Nm}^\circ \pm 0,11 \text{ Nm}^\circ$, redução de

0,46%), sem diferença entre as intensidades Torque_{50%} e Torque_{PSDA} ($p=0,456$), independente da forma de controlar a intensidade (CS ou CO) (FIGURA 20). Não houve efeito principal significativo do fator controle da intensidade (CS e CO), independente da intensidade (Torque_{PSDA} ou Torque_{50%}), nos valores de modificação média da rigidez passiva ($F_{(1,15)} = 3,455$; $p=0,083$; $\eta^2=0,187$; $\omega=0,413$) (FIGURA 21).

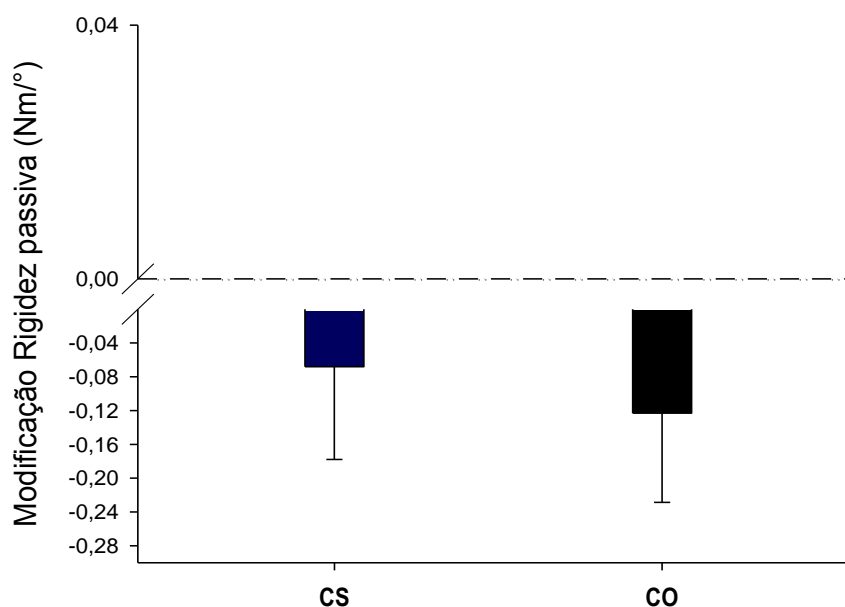
FIGURA 20- Média e desvio padrão da modificação da rigidez passiva entre as diferentes intensidades



Legenda: Rigidez passiva (Nm/°); CON (condição controle; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; Torque_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir do ponto médio do *continuum* de tolerância ao alongamento (correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}); INT (intensidade) de treinamento Torque_{PSDA} e Torque_{50%}.

* Diferença significativa em relação à condição controle ($p<0,05$).

FIGURA 21- Média e desvio padrão da modificação da rigidez passiva entre o controle objetivo (CO) e o controle subjetivo (CS) das intensidades



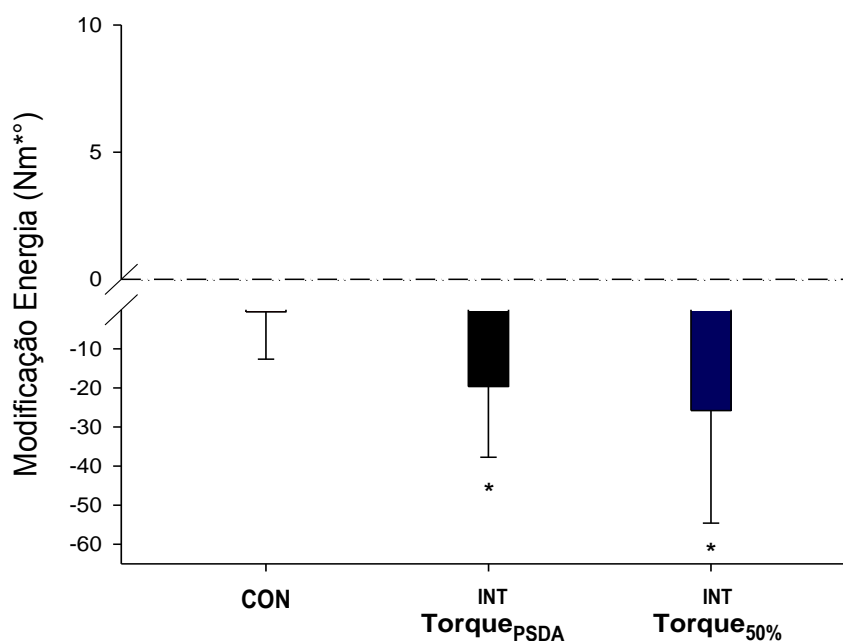
Legenda: Rigidez passiva (Nm/°); Condições de treinamento - CS (controle subjetivo) e CO (controle objetivo) das intensidades.

3.3.8 Energia

A ANOVA *two way* de medidas repetidas (fator denominado controle da intensidade com dois níveis (subjetivo x objetivo) e fator intensidade com três níveis (CON, Torque_{PSDA} e Torque_{50%})) não apresentou interação significativa nos valores de modificação média da energia entre os fatores ($F_{(2,30)} = 2,007$; $p=0,152$; $\eta^2=0,118$; $\omega=0,381$). Foi encontrado efeito principal significativo do fator intensidade e com tamanho do efeito grande nos valores de modificação média da energia ($F_{(2,30)} = 6,516$; $p=0,004$; $\eta^2=0,303$; $\omega=0,877$). Posteriormente, na comparação entre os efeitos das intensidades e a sessão controle, foi identificado que a média agrupada da modificação da energia para as intensidades Torque_{PSDA} ($-19,648 \text{ Nm}^{*0} \pm 18,11 \text{ Nm}^{*0}$, $p<0,05$, redução de 10,81%) e Torque_{50%} ($-25,804 \text{ Nm}^{*0} \pm 28,80 \text{ Nm}^{*0}$, $p<0,05$, redução de 14,00%) foram significativamente menores comparadas com a condição CON ($-0,582 \text{ Nm}^{*0} \pm 12,07 \text{ Nm}^{*0}$, redução de 0,35%), sem diferença entre

as intensidades Torque_{50%} e Torque_{PSDA} ($p > 0,05$), independente da forma de controlar a intensidade (CS ou CO) (FIGURA 22). Não houve efeito principal significativo do fator controle da intensidade (CS e CO), independente da intensidade (Torque_{PSDA} ou Torque_{50%}), nos valores de modificação média da energia ($F_{(1,15)} = 0,124$; $p = 0,730$; $\eta^2 = 0,008$; $\omega = 0,063$) (FIGURA 23).

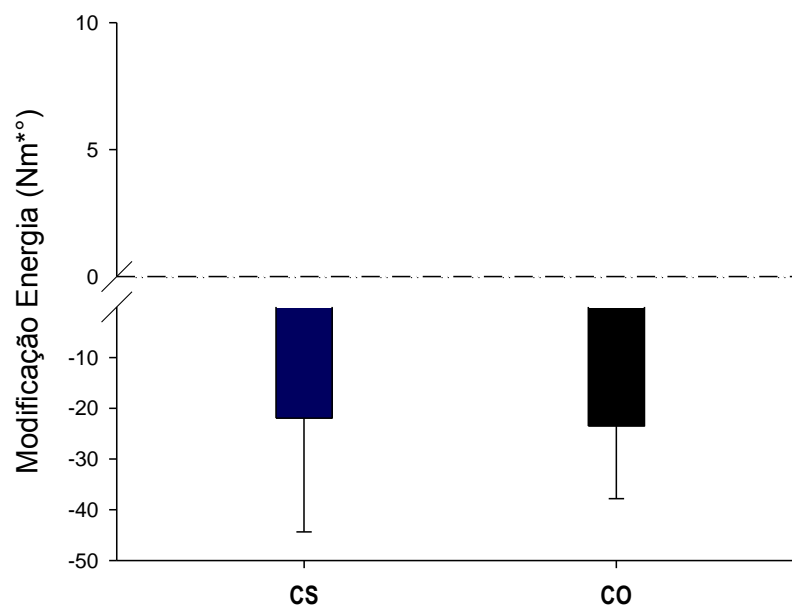
FIGURA 22- Média e desvio padrão da modificação da energia entre as diferentes intensidades



Legenda: Energia (Nm*o); CON (condição controle; Torque_{PSDA} – torque correspondente à primeira sensação ao alongamento; Torque_{50%} – torque correspondente da ADM_{50%} (identificada a partir do ponto médio do *continuum* de tolerância ao alongamento (correspondente a 50% entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}); INT (intensidade) de treinamento Torque_{PSDA} e Torque_{50%}.

* Diferença significativa em relação à condição controle ($p < 0,05$).

FIGURA 23- Média e desvio padrão da modificação da energia entre o controle objetivo (CO) e o controle subjetivo (CS) das intensidades



Legenda: Energia (Nm*o); Condições de treinamento - CS (controle subjetivo) e CO (controle objetivo) das intensidades.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo comparar o efeito agudo da prescrição de diferentes intensidades ($\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ e $\text{Torque}_{50\%}$) do alongamento, controladas de forma objetiva e subjetiva, nas respostas mecânica ($\text{Torque}_{\text{MÁX}}$, RP e energia) e sensorial ($\text{ADM}_{\text{MÁX}}$, ADM_{PSDA} e $\text{ADM}_{50\%}$) da UMT. Todas as variáveis do estudo apresentaram valores de CCI classificados como excelente e EPM% com baixa variação do erro aleatório, demonstrando que os procedimentos de medida realizados neste estudo foram confiáveis. Não foram encontradas diferenças significantes entre o pré-teste das condições em nenhuma das variáveis estudadas. Dessa forma, todas as condições iniciaram o experimento em igualdade. Assim, quando analisadas, as diferenças nas comparações entre as condições podem ser atribuídas exclusivamente a intervenção realizada.

A primeira hipótese do estudo era que, independente da intensidade de treinamento, não haveria diferença significativa no efeito agudo entre as diferentes formas de controle da intensidade (objetiva x subjetiva), nas variáveis mecânicas ($\text{Torque}_{\text{MÁX}}$, RP e energia) e sensoriais ($\text{ADM}_{\text{MÁX}}$, ADM_{PSDA} e $\text{ADM}_{50\%}$) da UMT. Os dados confirmaram esta hipótese, uma vez que não houve diferença significativa entre o CS e CO, independente da intensidade de treinamento ($\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ ou $\text{Torque}_{50\%}$), nas variáveis mecânicas e sensoriais da UMT. A segunda hipótese do estudo era que, independente da forma de controlar a intensidade (CO ou CS), haveria diferença significativa no efeito agudo entre as intensidades de treinamento ($\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ x $\text{Torque}_{50\%}$), nas variáveis mecânicas ($\text{Torque}_{\text{MÁX}}$, RP e energia) e sensoriais ($\text{ADM}_{\text{MÁX}}$, ADM_{PSDA} e $\text{ADM}_{50\%}$), e a intensidade $\text{Torque}_{50\%}$ promoveria os maiores efeitos. Os dados confirmaram parcialmente esta hipótese, a intensidade $\text{Torque}_{50\%}$ promoveu aumentos significantes da $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$, $\text{Torque}_{\text{MÁX}}$, $\text{ADM}_{50\%}$ e $\text{Torque}_{50\%}$, após realização de um protocolo de treinamento envolvendo os músculos posteriores da coxa, quando comparado com a intensidade $\text{Torque}_{\text{PSDA}}$. Contudo, não foi verificada diferença significativa, entre as intensidades, nas variáveis ADM_{PSDA} , $\text{Torque}_{\text{PSDA}}$, Rigidez passiva e energia. Em comparação a sessão controle, ambas as intensidades promoveram aumentos da $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$ e redução da Rigidez passiva e energia, mas, somente, a intensidade $\text{Torque}_{50\%}$ promoveu

aumentos do Torque_{MÁX}, ADM_{50%}, Torque_{50%} e ADM_{PSDA}, após realização de um protocolo de treinamento envolvendo os músculos posteriores da coxa.

4.1 Controle da intensidade de alongamento

Os resultados do presente estudo demonstraram que, independente da intensidade (Torque_{50%} ou Torque_{PSDA}), não houve diferença significativa, do efeito, entre as formas de controlar a intensidade (CS X CO) em todas as variáveis do estudo (ADM_{MÁX}, Torque_{MÁX}, ADM_{50%}, Torque_{50%}, ADM_{PSDA}, Torque_{PSDA}, rigidez e energia).

Dessa forma, foi confirmada a hipótese formulada de que não haveria diferença significativa, do efeito, entre ambas as formas de controle da intensidade, nas variáveis mecânicas e sensoriais. A formulação teórica dessa hipótese foi baseada em um estudo prévio, na qual os indivíduos a partir do procedimento de ancoragem de memória, da sensação ao alongamento, foram capazes de identificar subjetivamente, de forma consistente, os extremos do *continuum* de tolerância ao alongamento (ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}) (CARVALHO, 2015). No presente estudo, a partir do procedimento de ancoragem, os indivíduos foram capazes de identificar consistentemente os extremos do *continuum* de tolerância ao alongamento (ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}) e o ponto médio do *continuum* (ADM_{50%}). Além disso, para chegar a essa hipótese, uma explicação, que fica no âmbito da especulação, seria alteração na responsividade dos receptores sensoriais, como os nociceptores (aférentes do grupo III e IV) (MENSE e MEYER, 1985). Dessa forma, durante a manobra de alongamento, os nociceptores são estimulados, a sinalização para maiores níveis de ativação dessas vias pode ser determinada pela intensidade de estímulo ao alongamento. Assim, durante o treinamento, devido à redução da resistência ao alongamento, atribuído ao RST, possivelmente, uma menor tensão seria exercida sobre esses receptores, reduzindo o nível de ativação das vias aferentes (*i.e.*, diminuindo a sensação de desconforto ao alongamento). Dessa forma, para alcançar novamente o nível de ativação dessas vias e treinar na intensidade prescrita, o indivíduo de forma subjetiva aumentaria a ADM, o que resultaria em uma resposta final similar ao que aconteceria se a UMT estivesse

sendo submetida a uma condição denominada de *creep*. Como o controle objetivo, representado pelo *creep*, utiliza o TC como parâmetro de controle da intensidade, era de se esperar, de acordo com a especulação acima, nenhuma diferença significativa nos efeitos do treinamento entre CS e CO, independente da intensidade treinada, sendo confirmada no presente estudo, pois as adaptações geradas pelo CS não foram significativamente diferentes às do CO. Estudos futuros são necessários para ratificar este mecanismo. Adicionalmente, fornecendo mais indícios sobre esse mecanismo, não houve diferença significativa das intensidades controladas subjetivamente (*i.e.*, ajustadas a partir da sensação determinada para treinamento) em comparação com as intensidades controladas de forma objetiva (*i.e.*, visualizadas e ajustadas de acordo com o torque determinado para treinamento), respectivamente, CS (ADM correspondente ao Torque_{PSDA}) ($68,35 \pm 10,78\%$) e CO (ADM correspondente ao Torque_{PSDA}) ($68,92 \pm 10,54\%$), CS (ADM correspondente ao Torque_{50%}) ($84,16 \pm 8,64\%$) e CO (ADM correspondente ao Torque_{50%}) ($84,88 \pm 7,58\%$), demonstrando que os indivíduos treinam na mesma intensidade em ambas as formas de controle da intensidade. Além disso, a partir desses resultados, foi confirmado que os indivíduos são capazes de manter subjetivamente determinada intensidade de treinamento, pois a sensação de alongamento se comportou de maneira similar ao que aconteceria se a UMT estivesse sendo submetida a uma condição denominada de *creep*.

Até o presente momento, este é o primeiro estudo que comparou o efeito agudo do alongamento, nas respostas mecânicas e sensoriais da UMT, entre uma forma subjetiva (CS) com uma forma objetiva de controlar a intensidade (CO). O controle da intensidade, durante o alongamento, interfere significativamente nos resultados (YOUNG, ELIAS e POWER, 2006; KAY, HUSBANDS-BEASLEY e BLAZEVICH, 2015; FREITAS *et al.*, 2016; BARBOSA *et al.*, 2018). Em um estudo prévio, apesar da intensidade de alongamento ter sido a máxima ADM prescrita, não foi encontrado, após uma sessão de treinamento, nenhuma diferença significativa da ADM_{MÁX} (BARBOSA *et al.* 2018). Nesse estudo, a intensidade foi controlada subjetivamente mantendo um comprimento articular constante (AC), essa estratégia adotada foi considerada, pelos autores, fator limitante do estudo. A ausência de um procedimento de ancoragem da intensidade, possivelmente, também influenciou nos resultados. Outros estudos que utilizaram essa estratégia no controle da intensidade encontraram resultados positivos no aumento da ADM_{MÁX}, contudo, inferior ao

controle da intensidade de forma objetiva (CO), que utilizou a estratégia de TC (RYAN *et al.*, 2008; CABIDO *et al.*, 2014). Uma das justificativas para superioridade do controle da intensidade utilizando o TC sobre o AC, se deve ao fato da manutenção do torque, durante o alongamento, resultar em uma deformação contínua da UMT, diferente do AC, em que é observado a redução da resistência ao alongamento devido ao RST (RYAN *et al.*, 2008; CABIDO *et al.*, 2014). Além disso, de acordo com Ryan *et al.* (2008b), a superioridade do controle da intensidade por meio do TC em relação ao AC é atribuída a maior absorção de energia pela técnica de TC, o que resultaria em maiores adaptações das propriedades viscoelásticas do tecido. Outra possibilidade de controle da intensidade foi realizada por Freitas *et al.* (2016), na qual o controle da intensidade foi baseado na percepção do indivíduo e ajustada a cada 90s, caso o indivíduo identificasse uma queda na percepção da intensidade prescrita. Contudo, esta forma de controle apresentou uma limitação no que se refere ao ajuste da sensação de alongamento. O tempo mínimo determinado para o ajuste da ADM foi de 90s, somente, após esse tempo, o indivíduo poderia, caso necessário, solicitar a correção da sensação ao alongamento com o aumento da ADM. Estudos prévios indicaram que a maior taxa da deformação na UMT ocorre entre 15 a 20s (TAYLOR *et al.*, 1990; WEIR; TINGLEY; ELDER, 2005). Dessa forma, a não correção do torque a partir do aumento da ADM, levando em consideração a sensação correspondente a intensidade prescrita, nos segundos iniciais pode ter levado a uma menor efetividade da intensidade nesse estudo.

O controle da intensidade de forma subjetiva, a partir do *continuum*, pode representar um avanço no controle da intensidade na prescrição do treinamento em contextos clínicos e práticos, sendo o primeiro passo para criação de uma normativa de carga utilizando uma faixa de percepção. Como não houve diferença significativa entre CS e uma forma controlada no contexto laboratorial (CO), os profissionais de áreas específicas dessa temática terão mais respaldo científico na prescrição e controle do treinamento, desse componente, utilizando o CS. Além disso, no contexto prático, onde há limitação de tempo e procura de ferramentas menos dispendiosas, o CS é uma alternativa factível, sendo uma estratégia eficaz no aumento do desempenho da flexibilidade.

4.2 Efeito das intensidades de alongamento

4.2.1 ADM_{MÁX} e Torque_{MÁX}

Os resultados do presente estudo demonstraram que, após uma intervenção aguda de alongamento nos músculos posteriores da coxa, as intensidades (Torque_{50%} e Torque_{PSDA}) foram eficientes para o aumento da ADM_{MÁX} e, somente, a intensidade Torque_{50%} foi eficiente no aumento do Torque_{MÁX} em comparação com a sessão CON. Na comparação dos efeitos entre as intensidades, a intensidade Torque_{50%} foi mais eficiente, proporcionando aumentos significantes nas variáveis ADM_{MÁX} e do Torque_{MÁX}. As intensidades Torque_{50%} e Torque_{PSDA} apresentaram um aumento absoluto e relativo (percentual da modificação média da ADM_{MÁX} em relação à média dos valores pré-teste) da ADM_{MÁX} de (9,39° - 7,83%) e (6,32° - 5,27%), respectivamente. Com relação ao Torque_{MÁX}, a intensidade Torque_{50%} proporcionou um aumento de 10,71 Nm - 11,03%, não houve diferença significativa para a intensidade Torque_{PSDA}. Os resultados demonstraram que a intensidade Torque_{50%} potencializou os aumentos da ADM_{MÁX}, sendo mais eficaz para gerar aumentos no Torque_{MÁX}.

Já é consolidado na literatura, após o treinamento agudo da flexibilidade nos músculos posteriores da coxa, aumentos da ADM_{MÁX} em estudos envolvendo diferentes intensidades de alongamento (CHAGAS *et al.*, 2008; KATAURA *et al.*, 2017, FREITAS *et al.* 2015a; FREITAS *et al.* 2016). Contudo, somente para a intensidade máxima treinada. Sem diferença significativa entre as intensidades submáximas e ou sessão controle. Kataura *et al.* (2017) manipularam três intensidades de alongamento (80% e 100% do máximo tolerado sem dor e 120% (*i.e.*, ADM do ponto da dor), com uma duração total do estímulo de alongamento de 1 x 180s. Aumentos da ADM_{MÁX} encontrados para as condições que treinaram na intensidade 100% (aumentos de 4,9°- 6,45%) e 120% (aumentos de 5,9°- 7,83%), comparados com a intensidade 80%, sem diferença entre 100 e 120%. Oba *et al.* (2018) manipularam três intensidades de alongamento na articulação do tornozelo, determinada pelo torque antes do ponto da dor, com uma duração total do estímulo de alongamento de 5 x 60s, a ADM_{MÁX} foi significativamente maior na intensidade

máxima treinada (100%, aumentos de 6,1°) em comparação com as demais (controle, 50% e 75%), sem diferença entre as intensidades submáximas. No estudo de Freitas *et al.* (2015a), a intensidade e a duração foram manipuladas (50% - 5x 180s, 75% - 5x 135s e 100% - 5x 90s), a intensidade foi determinada pelo ponto de desconforto antes da dor, a $ADM_{MÁX}$ e o $Torque_{MÁX}$ foram significativamente maiores na intensidade máxima treinada (100%), em comparação com as demais (50% e 75%). Os resultados do presente estudo, relacionados ao aumento da $ADM_{MÁX}$ (INT- $Torque_{50\%}$ (9,39° - 7,83%) e INT- $Torque_{PSDA}$ (6,32° - 5,27%)), corroboram os achados dos estudos supracitados com relação ao maior efeito significativo da maior intensidade treinada.

A intensidade de alongamento se refere ao quanto de tensão/sensação a UMT foi submetida por meio do alongamento. Uma maior intensidade significa alongar a UMT com uma maior tensão, promovendo um maior afastamento entre origem e inserção do grupo muscular envolvido (SULLIVAN, DEJULIA E WORREL, 1992). A formulação teórica utilizada para sustentar a hipótese 2 (superioridade dos efeitos da intensidade $Torque_{50\%}$ em comparação com a $Torque_{PSDA}$) baseou-se nesse contexto, na qual a intensidade $Torque_{50\%}$ provocaria um maior afastamento entre origem e inserção do grupo muscular envolvido, provocando um maior estímulo de deformação da UMT, sendo confirmado no presente estudo. Dessa forma, a intensidade do alongamento interfere significativamente nas adaptações provocadas na UMT. Estudos prévios apoiam esta afirmação (SULLIVAN, DEJULIA E WORREL, 1992; CHAGAS *et al.*, 2008; KATAURA *et al.*, 2017, FREITAS *et al.* 2015a; FREITAS *et al.* 2016; OBA *et al.*, 2018). Freitas *et al.* (2015a) manipularam as intensidades inversamente a duração (*i.e.*, 50% (900s), 75% - (675s) e 100% (450s)), apesar das maiores durações de treinamento das intensidades submáximas, este componente de carga não foi capaz de suprir o estímulo menor da intensidade de alongamento e induzir uma resposta significativa na UMT (*e.g.*, aumentos da $ADM_{MÁX}$). Além disso, foi verificada uma correlação moderada positiva entre intensidade de alongamento e $ADM_{MÁX}$ ($\rho = 0,546$, $p < 0,05$) (KATAURA *et al.*, 2017). Esses resultados ratificam a importância da intensidade do alongamento para gerar respostas significativas e distintas na UMT.

Em contraste, Santos *et al.* (2018) não encontraram diferença significativa, da $ADM_{MÁX}$, entre a intensidade máxima treinada e a intensidade submáxima. Uma justificativa, para não diferença entre as intensidades aplicadas, pode ser devido a

não especificidade do posicionamento do indivíduo entre teste (dinamômetro isocinético; quadril posicionado a 20°) e exercício de alongamento (esteira de tatame de EVA; posição supinada- quadril posicionado a 90°). Essa diferença no posicionamento e/ou de possíveis compensações durante o alongamento podem ter contribuído para tal resultado. A padronização do posicionamento garante alta reprodutibilidade das condições de teste e treinamento. Além disso, o fato do exercício de alongamento ter ocorrido de forma livre pode ter favorecido a realização de movimentos compensatórios, que poderiam ser minimizados (e.g., dinamômetro isocinético). A execução do exercício de alongamento minimizando as compensações impõe uma maior intensidade, permitindo um maior afastamento entre origem e inserção muscular, o que favorece a maiores ganhos de $ADM_{MÁX}$, como reportado por Sullivan, DeJulia e WorreL (1992). Apesar de não ter havido diferença significativa entre as intensidades ($p>0,05$), o tamanho do efeito foi maior para a intensidade submáxima (INT submáxima- aumentos de 4,6%; $d=0,66$, INT máxima- aumentos de 2,2%; $d= 0,14$), contrariando os achados da literatura sobre intensidades (SULLIVAN, DEJULIA e WORREL, 1992; CHAGAS *et al.*, 2008; KATAURA *et al.*, 2017, FREITAS *et al.* 2015a; FREITAS *et al.* 2016; OBA *et al.*, 2018) e do presente estudo. Neste estudo, a intervenção e o teste foram realizados no aparelho *Flexmachine*, no qual ocorreram a limitação da velocidade de execução do movimento de extensão do joelho (*i.e.*, movimento automático a uma velocidade de 5°/s), padronização do posicionamento e monitoramento das intensidades, sendo aspectos relevantes para as alterações verificadas.

Diferente dos estudos prévios (FREITAS *et al.* 2015a; FREITAS *et al.* 2016; KATAURA *et al.*, 2017; OBA *et al.*, 2018), as intensidades submáximas do presente estudo foram capazes de gerar efeitos significativos da $ADM_{MÁX}$. Uma das possíveis justificativas pode estar relacionada a diferenças metodológicas na determinação da intensidade de alongamento. Enquanto os estudos supracitados determinaram as intensidades submáximas por meio do percentual do máximo (e.g., % da $ADM_{MÁX}$) (50%, 75%, 80%), utilizando parâmetros subjetivos “máximo tolerado sem dor”, “antes do ponto da dor” e “ponto de desconforto antes da dor”, o presente estudo determinou as intensidades submáximas por meio do *continuum* de tolerância ao alongamento. As intensidades deste *continuum* representam a intensidade mínima - primeira sensação de alongamento (torque correspondente a ADM_{PSDA}) (limite inferior) e a intensidade máxima - tolerância máxima ao

alongamento ($ADM_{MÁX}$) (limite superior). As intensidades submáximas foram prescritas a partir desses extremos (e.g., $Torque_{50\%}$ - correspondente a $ADM_{50\%}$). Dessa forma, ambas as intensidades do presente estudo ($Torque_{PSDA}$ e $Torque_{50\%}$) representaram um estímulo significativo de alongamento, diferente das intensidades submáximas utilizadas nos estudos envolvendo diferentes intensidades (FREITAS *et al.* 2015a; FREITAS *et al.* 2016; KATAURA *et al.*, 2017; OBA *et al.*, 2018). Essa diferença na determinação da intensidade pode ter sido determinante na diferença entre os resultados, pois o ponto antes da dor ou do desconforto é observado em uma ADM inferior ao máximo alongamento tolerado (MAGNUSSON *et al.*, 1997). Dessa forma, ao relativizar as intensidades submáximas por meio desse parâmetro, possivelmente, as intensidades prescritas representaram baixo ou nenhum estímulo de alongamento, o que foi constatado pela não diferença entre as intensidades submáximas. Ainda que as intensidades de treinamento, deste estudo, corresponderam a 68,64% (ADM_{PSDA}) e 84,52% ($ADM_{50\%}$) da $ADM_{MÁX}$, diferente dos estudos de (FREITAS *et al.* 2015a; KATAURA *et al.*, 2017; OBA *et al.*, 2018) que treinaram na intensidade (100%, 80% e 75% da $ADM_{MÁX}$), possivelmente, os indivíduos deste estudo treinaram em uma intensidade maior, devido a diferença na determinação da intensidade. A proposta do *continuum* de tolerância ao alongamento pode eliminar o viés na determinação das intensidades submáximas. Além disso, apresenta a intensidade mínima do *continuum*, a ser prescrita, capaz de gerar efeitos significativos da $ADM_{MÁX}$.

Outro aspecto metodológico, importante, refere-se ao controle da intensidade. Neste estudo não houve diferença significativa entre o CO e CS. Dessa forma, independente do controle da intensidade, ambas as intensidades ($Torque_{PSDA}$ ou $Torque_{50\%}$) foram capazes de gerar aumentos significantes da $ADM_{MÁX}$, sendo a intensidade $Torque_{50\%}$ gerando os maiores efeitos significativos. As estratégias utilizadas, respectivamente, foram TC e sensação constante (SC) para CO e CS. Recentemente estudos prévios reportaram que a técnica TC é mais eficaz que a técnica de ângulo constante (AC) para aumentos da $ADM_{MÁX}$ (RYAN *et al.*, 2008; CABIDO *et al.*, 2014). A justificativa, dessa diferença, baseia-se na produção de diferentes respostas viscoelásticas (e.g., RST e *creep*) (OBA *et al.*, 2018). De acordo com um estudo prévio, a técnica de TC produz um maior trabalho mecânico, resultando em uma maior deformação na UMT (RYAN *et al.*, 2008). A técnica de AC é caracterizada pela manutenção do comprimento articular (*i.e.*, ADM) durante todo

o período de alongamento. Assim, é observada uma redução da tensão/torque (*i.e.*, RST) (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; PEIXOTO *et al.*, 2014), resultando em um menor estímulo de alongamento (*i.e.*, intensidade). Diferente da técnica de AC, na técnica de TC a manutenção do torque seria assegurada com o aumento da ADM (*i.e.*, *creep*) e, dessa forma, a intensidade de alongamento estaria mais próxima daquela que foi prescrita para o treinamento. A utilização da técnica de AC, nos estudos envolvendo diferentes intensidades, poderia explicar a não diferença entre as intensidades submáximas (FREITAS *et al.* 2015a; KATAURA *et al.*, 2017). A deformação do tecido biológico é diretamente proporcional a tensão imposta sobre a UMT, a velocidade dessa deformação está relacionada a magnitude da tensão aplicada (GAJDOSIK *et al.*, 2006; TAYLOR *et al.*, 1990), como a tensão/torque (*i.e.*, intensidade) não foram mantidos constantes nos estudos supracitados, e a magnitude de estímulo, determinado pelo % do ponto antes da dor, ter sido inferior ao mínimo considerado, mesmo com uma duração de estímulo alta - 50% (900s), 75% (675s) (FREITAS *et al.*, 2015a) 80% (180s) (KATAURA *et al.*, 2017), era de se esperar, de acordo com a justificativa acima, nenhuma diferença significativa entre as intensidades submáximas. Além disso, mesmo utilizando a técnica de TC, se o estímulo de alongamento não alcançar o mínimo considerado para gerar uma deformação significativa, é possível que não ocorra diferença entre as intensidades submáximas, como visto no estudo de Oba *et al.* (2018). Em contraste, Chagas *et al.* (2008) manipularam duas intensidades (primeira sensação de alongamento e a tolerância máxima ao alongamento (ADM_{PSDA} e $ADM_{MÁX}$), respectivamente, não foi encontrada diferença significativa para a intensidade submáxima. Mesmo utilizando um estímulo mínimo capaz de produzir uma deformação na UMT e gerar uma modificação da $ADM_{MÁX}$, a não correção da intensidade durante o alongamento, possivelmente, levou a redução desse estímulo e, dessa forma, não foi capaz de produzir uma resposta significativa da $ADM_{MÁX}$. Em adição, Cabido *et al.* (2014) compararam as duas técnicas (TC e AC), com a intensidade de 95% da $ADM_{MÁX}$, determinada pela tolerância máxima ao alongamento. As duas técnicas foram eficientes no aumento da $ADM_{MÁX}$. Contudo, a técnica de TC potencializou os ganhos dessa variável. Esses achados reforçam a perspectiva que a intensidade, quando ajustada pela sensação ou torque durante o alongamento, estaria mais próxima daquela que foi prescrita para o treinamento.

Em relação ao Torque_{MÁX}, diversos estudos realizaram o registro da curva torque – ADM (PEIXOTO *et al.*, 2015; CHAGAS *et al.*, 2016; FREITAS *et al.*, 2015a), envolvendo o treinamento da flexibilidade. Proporcionando dessa forma, a análise de variáveis como a ADM_{MÁX} e Torque_{MÁX}. No presente estudo, a intensidade de alongamento Torque_{50%} proporcionou um aumento significativo do Torque_{MÁX}. Este achado está de acordo com os resultados de estudos que investigaram os efeitos agudos, após o exercício de alongamento, associado ao aumento da ADM_{MÁX} (CABIDO *et al.*, 2014; FREITAS *et al.*, 2015a; Freitas *et al.*, 2016). A intensidade Torque_{50%} proporcionou um aumento de 10,71 Nm - 11,03%. O aumento do Torque_{MÁX}, após o exercício de alongamento, indica que o indivíduo é capaz de alcançar maiores valores de ADM_{MÁX}. Uma das justificativas, para esse fato, a maior redução da resistência passiva ao alongamento (*i.e.*, RST) que ocorre de acordo com a intensidade do estímulo ao alongamento (FREITAS *et al.*, 2015a). De acordo com esses autores, a máxima intensidade de alongamento proporcionou aumento da ADM_{MÁX} e do Torque_{MÁX}, sem diferenças significativas para as intensidades submáximas. Dessa forma, o estímulo de alongamento é um componente importante para proporcionar alterações nessas estruturas e gerar aumentos da ADM_{MÁX} e do Torque_{MÁX}.

Diferente da intensidade Torque_{50%}, apesar da intensidade Torque_{PSDA} ter sido eficiente no aumento da ADM_{MÁX}, esta não foi acompanhado com o aumento significativo do Torque_{MÁX}. Outros estudos, envolvendo exercícios de alongamento, (HALBERTSMA e GÖEKEN, 1994; FERREIRA *et al.*, 2007) não encontraram aumentos significantes do Torque_{MÁX} associado ao aumento da ADM_{MÁX}. Possivelmente, o estímulo aplicado nesses estudos e da intensidade Torque_{PSDA} do presente estudo pode não ter sido suficiente para reduzir a resistência ao alongamento, ao ponto de aumentar significativamente o Torque_{MÁX}. Além disso, o aumento da ADM_{MÁX} não acompanhado do aumento do Torque_{MÁX} é um indício que outros fatores, além do Torque_{MÁX}, estão envolvidos no aumento da ADM_{MÁX}. Corroborando esta afirmação, a partir do resultado do estudo de Blazeovich *et al.* (2012), o Torque_{MÁX} explicou 47,6% da ADM_{MÁX} ($r=0,69$, $p<0,001$). Demonstrando que a relação entre ambos é determinada por aspectos distintos. Mais estudos são necessários para entender a natureza dessa relação, com análise de regressão incluindo variáveis mecânicas e sensoriais.

4.2.2 ADM_{50%} e Torque_{50%}

O presente estudo inseriu a investigação das variáveis ADM_{50%} e o torque correspondente a esta variável (Torque_{50%}). Ambas as variáveis (ADM_{50%} e Torque_{50%}) obtiveram altos valores de confiabilidade e baixos valores de EPM% (0,98 e 2,7) (0,98 e 6,82), respectivamente. Esses achados indicam que os indivíduos foram precisos na determinação da sensação de tolerância ao alongamento. A ADM_{50%} é determinada pelo ponto médio entre a ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX} (limite inferior e superior da tolerância ao alongamento), sendo considerada o ponto médio desses extremos. Essas variáveis em conjunto fortalecem uma perspectiva de um *continuum* de tolerância ao alongamento. Esse *continuum* funcionaria como uma faixa de percepção. Esta faixa de percepção pode ser estabelecida, para todos os indivíduos, a partir dos extremos de tolerância ao alongamento. Dessa forma todos os indivíduos passariam pelo mesmo processo de ancoragem dos extremos dessa faixa. Com a consistência desses limites, confirmada no presente estudo (ADM_{PSDA} - CCI=0,97 e EPM%=4,85; ADM_{MÁX}-CCI=0,99 e EPM=0,95), o indivíduo seria capaz de identificar qualquer ponto dentro dessa faixa. O ponto médio desse *continuum* (ADM_{50%}) foi confirmado no presente estudo. A relação das variáveis, que representam os extremos do *continuum* (ADM_{PSDA} e ADM_{MÁX}), foi verificada por Chagas *et al.* (2016), via análise fatorial exploratória. Os autores confirmaram alta correlação dessas variáveis. No presente estudo os indivíduos foram consistentes na identificação do ponto médio do *continuum* (ADM_{50%}). Esses achados em conjunto confirmam a existência de um *continuum* de tolerância ao alongamento. As intensidades de alongamento, do presente estudo, foram baseadas nesse *continuum*, para que todas as intensidades, dentro dessa faixa, representassem um estímulo de alongamento significativo.

Os resultados do presente estudo demonstraram que a intensidade Torque_{50%} foi eficiente para o aumento da (ADM_{50%} e do Torque_{50%}), após uma intervenção aguda de alongamento nos músculos posteriores da coxa, em comparação com a sessão CON e a intensidade Torque_{PSDA}. Sem diferença significativa para a intensidade Torque_{PSDA}. Após a sessão aguda de alongamento na musculatura posterior da coxa, a intensidade Torque_{50%} apresentou um aumento absoluto e relativo (percentual da modificação média da ADM_{50%} em relação à média

dos valores pré-teste) da $ADM_{50\%}$ de (9,32° - 10,24%). Em relação ao $Torque_{50\%}$, a intensidade $Torque_{50\%}$ proporcionou um aumento de 4,94 Nm - 6,13%, não houve diferença significativa para a intensidade $Torque_{PSDA}$. Os resultados demonstraram que a intensidade $Torque_{50\%}$ foi mais eficaz para gerar aumentos na $ADM_{50\%}$ e $Torque_{50\%}$, demonstrando que o indivíduo, após o treinamento, percebe mais tardiamente o ponto médio do *continuum* de tolerância ao alongamento ($ADM_{50\%}$) (i.e., em uma maior ADM e com um valor de torque correspondente também maior. Acredita-se que a variável $ADM_{50\%}$ está relacionada aos mesmos mecanismos da variável ADM_{PSDA} (tolerância ao alongamento). No presente estudo, a intensidade $Torque_{50\%}$ proporcionou aumentos significativos da $ADM_{MÁX}$ acompanhada com aumentos da $ADM_{50\%}$, fornecendo subsídios para o pressuposto de linearidade da resposta de percepção ao estímulo ao alongamento após o treinamento. Possivelmente as terminações nervosas livres nociceptivas (aférentes do grupo III e IV) presentes nas articulações e no músculo estejam envolvidas e são moduladas com o treinamento da flexibilidade (MAGNUSSON *et al.*, 1997). Assim, com o aumento da $ADM_{MÁX}$, decorrente do aumento de tolerância ao alongamento, o indivíduo identificaria o ponto médio do *continuum* mais tardiamente. A variável $ADM_{50\%}$ é uma sugestão de medida para ampliar o entendimento a respeito dos mecanismos relacionados ao aumento da flexibilidade e, dessa forma, precisa ser testada em futuros estudos.

Em relação a intensidade $Torque_{PSDA}$, esta não foi capaz de gerar aumentos significantes da $ADM_{50\%}$ e do $Torque_{50\%}$. Apesar dessa intensidade de alongamento ter sido suficiente para aumentos da $ADM_{MÁX}$, esse aumento não foi acompanhado do aumento da $ADM_{50\%}$. Uma das justificativas para aumentos da $ADM_{MÁX}$ estaria relacionada a fatores mecânicos e não sensoriais. Possivelmente o estímulo de alongamento da intensidade $Torque_{PSDA}$ não foi suficiente para gerar alterações na resposta funcional dos receptores sensoriais (e.g., nociceptores). O que justifica a não alteração significativa da $ADM_{50\%}$, utilizada como medida da tolerância ao alongamento.

4.2.3 ADM_{PSDA} e Torque_{PSDA}

Os resultados do presente estudo demonstraram que a intensidade Torque_{50%} foi eficiente para o aumento da ADM_{PSDA}, após uma intervenção aguda de alongamento, nos músculos posteriores da coxa. Sem diferença significativa para a intensidade Torque_{PSDA}. Em relação ao Torque_{PSDA}, não houve aumento significativo, em seus valores, para ambas as intensidades (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}). A intensidade Torque_{50%} apresentou um aumento absoluto e relativo (percentual da modificação média da ADM_{PSDA} em relação à média dos valores pré-teste) da ADM_{PSDA} de (6,41° - 9,09%). Os resultados demonstraram que a intensidade Torque_{50%} foi mais eficaz para gerar aumentos na ADM_{PSDA}, demonstrando que o indivíduo, após o treinamento, percebe mais tardiamente a primeira sensação de alongamento (*i.e.*, em uma maior ADM). Contudo, o aumento na ADM_{PSDA} ocorreu somente na intensidade Torque_{50%}, demonstrando que a intensidade de estímulo de alongamento é aspecto importante da prescrição do treinamento, maiores ou menores mudanças na resposta da UMT estar relacionada a este componente. Os resultados do presente estudo são consistentes com os achados do estudo de Cabido *et al.* (2014). Esses autores investigaram a resposta da ADM_{PSDA} e do Torque_{PSDA}, após uma sessão aguda de alongamento, utilizando diferentes técnicas de alongamento (TC X AC). Os resultados demonstraram aumentos da ADM_{PSDA} em ambas as técnicas de alongamento (7,7° e 10,5°), sem alteração do Torque_{PSDA}, corroborando os achados do presente estudo. Pequenas variações nos valores absoluto relatados da ADM_{PSDA} pode estar relacionada à aspectos metodológicos (*i.e.*, intensidade e volume).

No presente estudo, a variável ADM_{PSDA} foi utilizada para auxiliar no entendimento dos mecanismos relacionados à tolerância do indivíduo ao alongamento (HALBERTSMA e GÖEKEN, 1994; YLINEN *et al.*, 2009; CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016). Estudos prévios encontraram aumentos da ADM_{MÁX} acompanhada de um aumento correspondente da ADM_{PSDA} após uma intervenção aguda de alongamento (YLINEN *et al.*, 2009; CABIDO *et al.*, 2014). Os dados do presente estudo, relacionado a intensidade Torque_{50%}, corroboram os resultados desses estudos, sugerindo em um primeiro momento, que os aumentos encontrados nas variáveis (ADM_{PSDA} e da ADM_{MÁX}) sejam provenientes de aspectos relacionados

à tolerância ao alongamento. Contudo, esta análise deve ser feita com cautela. Diversos estudos não encontraram diferenças significantes nas propriedades passivas da UMT (*i.e.*, rigidez) e, dessa forma, associou o aumento da $ADM_{MÁX}$ ao mecanismo de tolerância ao alongamento (HALBERTSMA e GOEKEN, 1994; MAGNUSSON *et al.*, 1996a; KONRAD, GAD & TILP, 2015). No presente estudo, ambas as intensidades apresentaram redução significativa da rigidez passiva. Sendo assim, segundo o argumento desses autores, o mecanismo relacionado a tolerância ao alongamento não poderia explicar os aumentos da $ADM_{MÁX}$ do presente estudo. Segundo Peixoto *et al.* (2015), possivelmente, as alterações na rigidez, resultantes do treinamento da flexibilidade, não sejam completamente isoladas de outras adaptações que possam ocorrer concomitantemente (*i.e.*, tolerância ao alongamento). Então é razoável argumentar a respeito da interação entre diferentes mecanismos para explicar os aumentos da $ADM_{MÁX}$. Além disso, Chagas *et al.* (2016) em uma análise fatorial exploratória, agrupou as variáveis que apresentavam aspectos comuns. As variáveis $ADM_{MÁX}$ e ADM_{PSDA} foram agrupadas em um mesmo fator (*i.e.*, estão altamente correlacionadas). Assim, é possível hipotetizar que mecanismos subjacentes semelhantes estejam envolvidos no aumento na $ADM_{MÁX}$ e na ADM_{PSDA} após o treinamento. No entanto, ainda não há um consenso em relação a maneira de mensurar a tolerância ao alongamento. Adicionalmente, considerando a definição operacional dessas variáveis, ambas podem representar os extremos de um *continuum* de tolerância ao alongamento, como relatado anteriormente na análise da variável $ADM_{50\%}$. Dessa forma, a variável ADM_{PSDA} (limite inferior desse extremo), por meio do torque correspondente, foi prescrita, como intensidade de alongamento, por entender que seria o mínimo de sensação de alongamento do *continuum* capaz de promover efeitos significativos após o treinamento, o que foi comprovado no presente estudo.

No presente estudo, as diferentes intensidades ($Torque_{PSDA}$ e $Torque_{50\%}$) não apresentaram diferença significativa para as variáveis ADM_{PSDA} e $Torque_{PSDA}$. Dessa forma, a hipótese formulada de que haveria diferença, no efeito, entre ambas e o maior aumento, dessas variáveis, para a intensidade $Torque_{50\%}$ foi parcialmente confirmada. Uma vez que, a intensidade $Torque_{50\%}$ produziu magnitudes significantes de efeitos da ADM_{PSDA} , em comparação com a sessão CON. A formulação dessa hipótese foi baseada em resultados de estudos prévios (FREITAS *et al.*, 2015a; CABIDO *et al.*, 2014). Cabido *et al.* (2014) encontraram diferença

significante da ADM_{PSDA} entre os grupos (TC X AC), sendo que, o grupo que treinou com a técnica de TC obteve o maior aumento agudo significativo dessa variável. Apesar de ambos os grupos treinarem na intensidade 95% da $ADM_{MÁX}$, a diferença no resultado foi baseada no maior trabalho mecânico realizado pelo grupo que treinou com a técnica de TC. Além disso, utilizando a escala visual analógica (VAS), Freitas *et al.* (2015a) encontraram aumento significativo, da tolerância ao alongamento, apenas para o grupo que treinou na máxima intensidade (100%). Esses achados reforçam a expectativa, que o maior estímulo de alongamento provocaria as maiores alterações nas variáveis utilizadas para mensurar a tolerância ao alongamento.

Em contraste, a intensidade $Torque_{PSDA}$ não foi capaz de gerar aumentos significativos da ADM_{PSDA} . Apesar dessa intensidade ter proporcionado aumentos da $ADM_{MÁX}$, esta não foi acompanhada de aumentos da ADM_{PSDA} . Sugerindo, em um primeiro momento, que o aumento da $ADM_{MÁX}$ não estaria relacionado a aspectos sensoriais. Possivelmente, o estímulo de alongamento da intensidade $Torque_{PSDA}$ provocou uma pequena alteração nas propriedades passivas da UMT e, dessa forma, não foi sensível suficiente para gerar alterações na resposta funcional dos receptores sensoriais (*e.g.*, nociceptores). O que justifica a não alteração significativa da ADM_{PSDA} .

Em relação a variável $Torque_{PSDA}$, ambas as intensidades não provocaram alterações significativa dessa variável. Este resultado está de acordo com o estudo de Cabido (2014). O $Torque_{PSDA}$ é registrado no momento da sinalização da PSDA, podendo ser considerado o estímulo mecânico mínimo (*i.e.*, limiar) capaz de estimular as estruturas aferentes para que ocorra a sinalização da PSDA. A intensidade $Torque_{PSDA}$ não foi capaz de provocar alterações significativas da ADM_{PSDA} . Era de se esperar, no primeiro momento, nenhuma alteração do $Torque_{PSDA}$. Possivelmente, o estímulo de alongamento, imposto, provocou pequenas alterações nas propriedades passivas da UMT, como relatado anteriormente. Dessa forma, não foi suficiente para alterações nessas variáveis. Contudo, a intensidade $Torque_{50\%}$ gerou aumentos na variável ADM_{PSDA} , sem alteração do $Torque_{PSDA}$. Estudos prévios corroboram essa expectativa, uma vez que, apesar da prescrição de uma intensidade de 95% da $ADM_{MÁX}$ e com um volume de 120s de um exercício de alongamento, não foi capaz de alterar significativamente esta variável (BERGAMINI, 2008; CABIDO, 2014). Uma possível explicação, em um

primeiro momento, seria devido à redução da rigidez passiva verificada no presente estudo. De acordo com estudos prévios, as terminações nervosas livres (nociceptivas) da UMT são estruturas que modulam a percepção do desconforto e respondem a diferentes cargas mecânicas (MAGNUSSON *et al.*, 1996; MARCHETTINI, 1993). Dessa forma, alterações nas propriedades viscoelásticas (e.g., diminuição da RP) poderiam conduzir o indivíduo a sinalizar a PSDA em uma ADM maior, porém com um mesmo valor de torque correspondente. Estudos futuros são necessários para entender a natureza dessa variável (mecânica ou sensorial).

4.2.4 Rigidez passiva

Os resultados do presente estudo demonstraram que ambas as intensidades (Torque_{50%} e Torque_{PSDA}), independente da forma de controlá-la, foram eficientes para a redução significativa da rigidez passiva, após uma intervenção aguda de alongamento, nos músculos posteriores da coxa. Sem diferença significativa entre as intensidades. Após a sessão aguda de alongamento as intensidades Torque_{50%} e Torque_{PSDA} apresentaram uma redução, absoluto e relativo (percentual da modificação média da rigidez em relação à média dos valores pré-teste), da rigidez de (-0,118 Nm/° - 10,27%) e (-0,074 Nm/° - 6,73%), respectivamente. Os resultados demonstraram que ambas intensidades foram igualmente eficazes na redução da rigidez passiva.

Estudos prévios, envolvendo diferentes intensidades de alongamento, encontraram redução da rigidez após o treinamento agudo da flexibilidade (FREITAS *et al.* 2015b; KATAURA *et al.*, 2017; OBA *et al.*, 2018), sendo que, a redução dessa variável foi significativamente diferente, somente, para a intensidade máxima treinada. Sem diferença significativa entre as intensidades submáximas e ou sessão controle. Kataura *et al.* (2017) compararam três intensidades de alongamento na articulação do joelho (80% e 100% do máximo tolerado sem dor e 120% (*i.e.*, ADM do ponto da dor), com uma duração total de estímulo de alongamento de 1 série de 180s, e o ponto de corte para cálculo da rigidez foi de 50% da ADM_{MÁX}, utilizando a mesma ADM entre pré e pós-teste. Foi encontrada redução da rigidez somente para a condição que treinou na intensidade 120% (redução de 0,04 Nm/°), em

comparação com a intensidade 80%. Adicionalmente, Oba *et al.* (2018) manipularam três intensidades de alongamento na articulação do tornozelo, determinada pelo torque antes do ponto da dor, com uma duração total de estímulo de alongamento de 5 séries de 60s, a rigidez foi significativamente menor na intensidade máxima treinada (100%; redução de 0,2 Nm/° - 15%) em comparação com as demais (controle, 50% e 75%), sem diferença entre as intensidades submáximas. Os resultados do presente estudo, relacionadas a redução da rigidez após o alongamento (INT- Torque_{50%} (-0,118 Nm/° - 10,27%) e INT- Torque_{PSDA} (-0,074 Nm/° - 6,73%)), corroboram os achados dos estudos supracitados. Contudo, diferente dos estudos prévios (KATAURA *et al.*, 2017; OBA *et al.*, 2018) as intensidades submáximas, do presente estudo, foram capazes de reduzir significativamente a rigidez. Uma das possíveis justificativas pode estar relacionada às características metodológicas de cada pesquisa. As diferentes articulações, diversas configurações do estímulo de alongamento (*i.e.*, diferença na duração do estímulo de alongamento e na determinação da intensidade) e diferentes critérios no cálculo da rigidez, possivelmente, exerceram influência distinta nos resultados.

A rigidez é uma variável importante no entendimento do comportamento da UMT, a modificação da ADM_{MÁX}, após o alongamento, pode ser explicada pela redução da rigidez passiva (MAGNUSSON *et al.*, 1998; CABIDO *et al.*, 2014; OBA *et al.*, 2018). Contudo, não há um consenso no que se refere à porção da curva torque passivo – ADM utilizada para calculá-la. As duas porções da curva mais comumente utilizadas são o terço final da curva (MAGNUSSON *et al.*, 1997; CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016) e nos 10% finais da curva (MAGNUSSON *et al.*, 2001; REID e MCNAIR, 2004). No presente estudo, a rigidez foi calculada por meio da inclinação da curva torque passivo - ADM na fase dinâmica do alongamento, na qual foi realizado um corte na curva, no valor da ADM correspondente a 80%, da menor ADM_{MÁX} do pré-teste correspondente a cada intervenção experimental. Esse processo foi realizado para remover uma possível influência da contração muscular durante o alongamento e determinar o valor de torque passivo (MCNAIR *et al.*, 2001). Essa mesma ADM determinada no pré-teste foi utilizada para o corte na curva torque – ADM do pós-teste, para que a rigidez fosse calculada na mesma ADM. A curva torque passivo – ADM foi então dividida em três partes e a rigidez passiva foi calculada através da inclinação do terceiro terço dessa curva, sendo o resultado da razão entre o delta torque sobre o delta ângulo. A utilização do terço

final da curva foi justificada por sua maior linearidade e menor variabilidade da medida (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; MAGNUSSON *et al.*, 1997). No estudo de Kataura *et al.* (2017), o ponto de corte para cálculo da rigidez foi de 50% da $ADM_{MÁX}$, utilizando a mesma ADM entre pré e pós-teste. Já no estudo de Oba *et al.* (2018) não foram descritas informações a respeito do cálculo da rigidez. Essas diferenças metodológicas dificultam a realização de comparações entre os resultados dos estudos e, possivelmente, pode ser uma justificativa da variação dos valores percentuais no que se refere a redução da rigidez anteriormente relatadas.

A intensidade do estímulo ao alongamento, possivelmente, também influenciou nos resultados de estudos prévios que não encontraram diferença significativa da rigidez passiva entre as intensidades submáximas (KATAURA *et al.*, 2017; OBA *et al.*, 2018). Como foi relatado anteriormente no contexto da $ADM_{MÁX}$, a forma de determinar a intensidade pode ter contribuído para o resultado encontrado nesses estudos, partindo do pressuposto que as intensidades submáximas utilizadas foram de baixa magnitude. Dessa forma, como a deformação do tecido biológico é diretamente proporcional a tensão imposta sobre a UMT e a velocidade dessa deformação está relacionada a intensidade aplicada (GAJDOSIK *et al.*, 2006; TAYLOR *et al.*, 1990), possivelmente, a magnitude de estímulo, determinado pelo percentual do ponto antes da dor desses estudos, não foram suficientes para gerar uma deformação viscoelástica na UMT (*i.e.*, RST) e, dessa forma, não provocou redução da rigidez. No presente estudo, as intensidades submáximas foram determinadas a partir do *continuum* de tolerância ao alongamento, para que ambas representassem um estímulo significativo de alongamento. Esse argumento foi confirmado, pois ambas as intensidades (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}) foram eficientes no aumento da $ADM_{MÁX}$ acompanhadas com a redução da rigidez. Essa diferença na determinação da intensidade entre os estudos, possivelmente, contribuiu para as divergências nos resultados encontrados.

Em contraste, Santos *et al.* (2018) não encontraram diferença significativa, da rigidez, entre a intensidade máxima treinada e a intensidade submáxima. As intensidades desse estudo foram baseadas na escala de classificação numérica, sendo intensidade submáxima (1 e 2) e intensidade máxima (9 e 10). Possivelmente, a ausência de um procedimento de ancoragem da sensação de alongamento e a não especificidade entre teste e treinamento, desse estudo, influenciaram para esse resultado.

No presente estudo, as diferentes intensidades (Torque_{PSDA} e Torque_{50%}) não apresentaram diferença significativa, entre elas, para a rigidez passiva. Dessa forma, a hipótese formulada de que haveria diferença, no efeito, entre as intensidades e a maior redução, dessa variável, para a intensidade Torque_{50%} foi refutada. Uma vez que, ambas as intensidades foram igualmente eficazes na redução da rigidez. A formulação teórica dessa hipótese foi baseada em resultados de estudos prévios, na qual, o maior estímulo de alongamento provocaria maiores alterações nas propriedades passivas da UMT (FREITAS *et al.* 2015b; KATAURA *et al.*, 2017; OBA *et al.*, 2018). Dessa forma, após o alongamento, uma menor resistência a deformação do tecido conjuntivo intramuscular, principalmente no perimísio, seria observada, permitindo que fosse alcançado uma maior ADM_{MÁX}. Apesar da superioridade da intensidade Torque_{50%} no aumento da ADM_{MÁX}, esta não refletiu na variável rigidez, possivelmente, outros mecanismos (*e.g.*, sensorial) estejam envolvidos em conjunto com o mecanismo mecânico após o alongamento.

4.2.5 Energia

Os resultados do presente estudo demonstraram que ambas as intensidades (Torque_{50%} e Torque_{PSDA}), independente da forma de controlá-la, foram eficientes para a redução significativa da energia, após uma intervenção aguda de alongamento, nos músculos posteriores da coxa. Sem diferença significativa entre as intensidades. Após a sessão aguda de alongamento as intensidades Torque_{50%} e Torque_{PSDA} apresentaram uma redução, absoluto e relativo (percentual da modificação média da energia em relação à média dos valores pré-teste), da energia de (-25,804 Nm*⁰, redução de 14,00%) e (-19,648 Nm*⁰, redução de 10,81%), respectivamente. Este resultado dar suporte ao resultado encontrado para a variável rigidez passiva, caracterizando alterações nos mecanismos mecânicos após a intervenção aguda.

A redução da energia absorvida pela UMT após o alongamento, possivelmente, é decorrente da redução da rigidez passiva observada para ambas as intensidades, pois uma UMT menos rígida poderia absorver uma quantidade menor de energia para uma mesma ADM (GAJDOSIK *et al.*, 2005; MAGNUSSON *et*

al., 1997). Como não houve diferença significativa da rigidez para ambas as intensidades, sugere em um primeiro momento, que nenhuma diferença significativa, entre as intensidades, seria observada para a energia. A energia é um parâmetro utilizado para quantificar a carga mecânica absorvida pelo tecido. Apesar de não estar bem estabelecida, uma maior capacidade de absorção de energia é considerada importante na prevenção de lesões musculares (WITVROUW *et al.*, 2007). Esta variável é determinada pela área abaixo da curva torque passivo – ADM (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; CHAGAS *et al.*, 2016). No presente estudo, a energia foi calculada a partir da área abaixo do terceiro terço da curva torque passivo – ADM, sendo o valor de corte de 80% da ADM_{MÁX} do pré-teste utilizado também no pós-teste, permitindo, dessa forma, a análise dessa variável para a mesma ADM, semelhante a estudos prévios (MAGNUSSON *et al.*, 1998; CHAGAS *et al.*, 2016). Outros estudos calcularam a energia a partir da área total abaixo da curva torque passivo – ADM (MAGNUSSON *et al.*, 1997; NORDEZ *et al.*, 2008). Dessa forma, comparações com resultados de outros estudos devem levar em consideração esse parâmetro, pois diferentes maneiras de calcular a energia podem levar a diferentes resultados. No presente estudo, a intensidade Torque_{50%} foi mais eficiente no aumento da ADM_{MÁX} e do Torque_{MÁX}, especula-se que a energia total absorvida pela UMT seria maior após o treinamento com esta intensidade, no entanto não foi calculada. Esse argumento baseia-se em um estudo prévio, em que os indivíduos que apresentaram maior ADM_{MÁX} e maior pico de torque obtiveram maiores energia absorvida pela UMT (MAGNUSSON *et al.*, 1997).

Até o presente momento, este é o primeiro estudo, envolvendo diferentes intensidades de alongamento, que analisa a variável energia. Partindo do pressuposto que a técnica de TC o indivíduo treina em uma intensidade superior a técnica de AC, considera-se que estudos que compararam as duas técnicas, indiretamente, compararam diferentes intensidades (YEH, CHEN e TSAI, 2007; CABIDO *et al.*, 2014). Dessa forma, corroborando o resultado do presente estudo, Cabido (2014) não encontrou diferença significativa da energia entre as técnicas de (TC e AC) ($p=0,10$), respectivamente (28,2% e 20,2%). A diferença nos valores percentuais entre os estudos pode estar relacionada a diferença na intensidade, enquanto Cabido (2014) operacionalizou a intensidade a 95% da ADM_{MÁX} tolerável, o presente estudo as intensidades corresponderam a 68,64% e 84,52% da ADM_{MÁX}.

4.2.6 Possíveis explicações para os efeitos das intensidades pós treinamento

Tradicionalmente, a capacidade física flexibilidade é representada pela variável ADM, sendo que, seu aumento de desempenho ($ADM_{MÁX}$), pode ser justificado por alterações biomecânicas e/ou sensoriais (WEPPLER e MAGNUSSON, 2010), como verificado no presente estudo.

Nesta investigação, as variáveis $Torque_{MÁX}$, rigidez passiva e energia foram utilizadas para representar as alterações no comportamento das propriedades biomecânicas da UMT, enquanto ADM_{PSDA} e $ADM_{50\%}$ foram avaliadas como medidas relacionadas a percepção ao desconforto, que poderiam permitir fazer inferências quanto a tolerância ao alongamento (alterações sensoriais). O aumento da $ADM_{MÁX}$ promovido pelas intensidades de alongamento ($Torque_{PSDA}$ e $Torque_{50\%}$), do presente estudo, acompanhado da redução da rigidez passiva e energia indica alteração das propriedades biomecânicas da UMT, sendo compreendidas como adaptações da UMT, que provocam uma modificação na curva torque passivo – ADM. A inclinação dessa curva para a direita indica redução da rigidez passiva, na qual é verificada quando uma menor resistência ao alongamento é observada para alcançar uma ADM determinada. Essa modificação geraria uma menor área abaixo dessa curva e, conseqüentemente, menores valores de energia. Diferentes estruturas músculo-tendíneas (músculos sinergistas, tendões, aponeuroses) e articulares (cápsulas) são associadas com o torque de resistência ao alongamento (RIEMANN *et al.*, 2001) e, essa resistência, aumenta simultaneamente com o aumento da ADM. Dessa forma, um aumento da $ADM_{MÁX}$, conseqüentemente, é acompanhado do aumento do $Torque_{MÁX}$. No presente estudo, somente a intensidade $Torque_{50\%}$ promoveu aumentos do $Torque_{MÁX}$, demonstrando que existe um limiar de estímulo de alongamento capaz de alterar de forma significativa essas estruturas, a ponto de ser detectada por meio do $Torque_{MÁX}$.

Essas adaptações biomecânicas, possivelmente, são decorrentes ao comportamento viscoelástico da UMT, resultado de uma deformação temporária (*i.e.*, RST), o que pode promover a um aumento da complacência da UMT em um estado relaxado, como relatado por outros estudos (WEIJER, GORNIK e SHAMUS, 2003; GUISSARD e DUCHATEAU, 2004; MORSE *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2015a). Essa deformação viscoelástica da UMT resulta na diminuição da resistência passiva do tecido conectivo (endomísio, perimísio e epimísio), em especial o

perimísio. O perimísio, enquanto tecido conjuntivo intramuscular, é um dos principais responsáveis pela resistência passiva extracelular (PURSLOW, 1989; GAJDOSIK, 2001). Em um estudo prévio, foi elucidado que a resposta viscoelástica do perimísio aumenta quando uma maior tensão é imposta (*i.e.*, deformação), fazendo com que as fibras de colágeno fiquem alinhadas com o eixo de alongamento (PURSLOW, WESS e HUKINS, 1998). Um maior RST, após o alongamento, pode favorecer o indivíduo a alcançar maiores ADM, explicando, de forma especulativa, o maior aumento da ADM_{MÁX}, do presente estudo, para a intensidade Torque_{50%}. Estudos futuros são necessários para confirmar este argumento. Além do tecido conjuntivo intramuscular (componente elástico em paralelo), a resistência mecânica a deformação da UMT é atribuída aos componentes elásticos em série (proteínas intrasarcoméricas não contráteis, principalmente a titina, pontes cruzadas entre actina e miosina existentes em repouso e o tendão); e componente viscoso (matriz extracelular e as fibras colágenas a ela conectada) (GAJDOSIK, 2001; MCNAIR e STANLEY, 1996). Dessa forma, alterações nessas estruturas podem promover a redução da resistência passiva da UMT ao alongamento e conseqüentemente, favorecer que o indivíduo alcance uma maior ADM_{MÁX}, como demonstrado no presente estudo. No presente estudo, as alterações das variáveis biomecânicas (rigidez passiva e energia) fortalecem a perspectiva da abordagem mecânica para o efeito agudo, após as intervenções em ambas as intensidades (Torque_{50%} e Torque_{PSDA}).

A possibilidade de considerar que as adaptações biomecânicas verificadas, após o treinamento, não sejam completamente isoladas de outras adaptações que possam ocorrer de forma simultânea (*e.g.*, adaptações sensoriais), é possível uma resposta integrada dos diferentes mecanismos (sensorial e biomecânico) relacionado ao aumento da ADM_{MÁX}. No presente estudo, as variáveis (ADM_{PSDA} - Torque_{PSDA}) foram utilizadas para auxiliar no entendimento do mecanismo relacionado à tolerância ao alongamento, semelhante a estudos prévios (HALBERTSMA e GÖEKEN, 1994; YLINEN *et al.*, 2009; CABIDO *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016). Além dessas variáveis, o presente estudo analisou as variáveis (ADM_{50%} - Torque_{50%}), sendo uma sugestão, de medida, para ampliar o entendimento a respeito dos mecanismos sensoriais relacionados ao aumento da flexibilidade.

Nesse contexto, durante a manobra de alongamento muscular os mecanorreceptores compostos por terminações nervosas livres nociceptivas (aférentes do grupo III e IV) são estimuladas (MENSE e MEYER, 1985), em especial, desencadeando uma despolarização das fibras aferentes do tipo III. Em um estudo prévio, foi demonstrado que o número de potenciais de ação (frequência de disparo da fibra do tipo III), durante o alongamento, aumenta com a elevação da força passiva (CLELAND, HAYWARD e RYMER, 1990). Esse achado dar suporte ao comportamento verificado durante o alongamento, na qual o indivíduo relata maior sensação de desconforto próximo a $ADM_{MÁX}$, conseqüentemente a maiores valores de torque de resistência passiva. O estímulo mecânico, provocado pelo exercício de alongamento, é transmitido por meio da medula espinhal aos centros superiores do sistema nervoso central, na qual é processado como uma sensação dolorosa e funciona como um sinalizador de desconforto (KANDEL e SCHWARTZ, 1985). A ADM_{PSDA} estaria relacionada com os níveis iniciais de ativação nociceptivas, a $ADM_{50\%}$ a níveis médios de ativação e a $ADM_{MÁX}$ a níveis máximos de ativação. Assim, após a intervenção, com um determinado estímulo de alongamento aplicado, de acordo com a teoria do portão de Melzack e Wall (1965), ao alcançar a medula espinhal este estímulo pode ser modulado, o que poderia modificar a sensação de alongamento. Dessa forma, para alcançar a mesma sensação de desconforto anterior (pré-teste) uma maior ADM seria necessária (pós-teste), acompanhada com maiores valores de torque. Essa modulação, em um primeiro momento, pode estar relacionada a intensidade aplicada. Este argumento fica no âmbito da especulação, necessitando de estudos futuros que poderão dar suporte a esta justificativa. Estudos prévios, após intervenção de alongamento, encontraram aumentos da $ADM_{MÁX}$ (BRANCO *et al.*, 2006; YLINEN *et al.*, 2009) e justificaram este ganho pelo aumento da tolerância ao alongamento, pois ocorreram aumentos nas variáveis ADM_{PSDA} e $Torque_{PSDA}$. No presente estudo, somente a intensidade $Torque_{50\%}$ proporcionou alterações significativas nas variáveis ADM_{PSDA} , $ADM_{50\%}$ e o torque correspondente a esta ADM ($Torque_{50\%}$), sinalizando que tais alterações podem ser decorrentes ao aumento de tolerância ao alongamento. Dessa forma, o presente estudo, para a intensidade $Torque_{50\%}$, apresentou uma resposta integrada dos mecanismos sensoriais e biomecânicos para explicar o aumento da $ADM_{MÁX}$ após o treinamento. Além disso, há indício que um limiar mínimo de intensidade de alongamento é necessário para gerar alterações sensoriais, pois, no presente

estudo, apesar da intensidade $\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ ter proporcionado aumentos da $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$, esta não foi capaz de gerar modificações nas variáveis utilizadas para mensurar a tolerância ao alongamento.

4.3 Limitação do estudo

Uma possível limitação do estudo é a forma como o torque foi ajustado no CO, representado pela técnica de TC. Enquanto no presente estudo, o indivíduo foi o responsável por corrigir a ADM à medida que o torque de resistência fosse reduzido a um valor pré-determinado, estudos prévios utilizaram um ajuste automático do torque (YEH, CHEN e TSAI, 2007; RYAN *et al.*, 2008a; RYAN *et al.*, 2008b; HERDA *et al.*, 2011). O procedimento de ajuste manual do torque, do presente estudo, foi necessário devido a limitação técnica do aparelho em ajustar automaticamente o torque. Contudo, essa limitação foi amenizada pelo baixo valor, utilizado como referência, de redução de torque determinado para ajuste.

4.4 Aplicação prática

O presente estudo demonstrou que o CS e o CO foram eficientes no controle da intensidade. Ambas as intensidades ($\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ e $\text{Torque}_{50\%}$) foram eficientes para aumentos da $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$, sendo que a intensidade $\text{Torque}_{50\%}$ resultou em maior aumento. Possivelmente, por ser a única intensidade do estudo a alterar o $\text{Torque}_{\text{MÁX}}$ (variável mecânica), a ADM_{PSDA} e a $\text{ADM}_{50\%}$ (variáveis sensoriais), além da redução da rigidez passiva e energia. Adicionalmente, a redução da rigidez passiva e da energia demonstra que a intensidade $\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ também foi capaz de alterar as propriedades mecânicas da UMT, mas nenhuma alteração nas propriedades sensoriais foi observada. A proposta do *continuum* de tolerância ao alongamento demonstrou-se eficiente na determinação da intensidade. Esses resultados podem ter importantes implicações no contexto prático e clínico, pois permitirão a treinadores e fisioterapeutas à utilização de uma ferramenta menos dispendiosa e eficaz no controle da intensidade. Além disso, o entendimento, do impacto de cada uma dessas intensidades, contribui para um melhor direcionamento na prescrição do treinamento da flexibilidade.

5 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que, independente da intensidade de alongamento treinada, não foram verificadas diferença entre o controle da intensidade de forma subjetiva e objetiva, demonstrando que, para as variáveis estudadas, ambas as formas de controle da intensidade, foram igualmente eficazes.

Após uma sessão aguda de alongamento, independente da forma de controle da intensidade, ambas as intensidades ($\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ e $\text{Torque}_{50\%}$) foram eficientes para aumento da $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$, redução da rigidez passiva e energia. Contudo, a intensidade $\text{Torque}_{50\%}$ aumentou a $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$ em maior magnitude do que a intensidade $\text{Torque}_{\text{PSDA}}$, sendo a única a proporcionar aumentos do $\text{Torque}_{\text{MÁX}}$ e ADM_{PSDA} . Além disso, nenhuma alteração na resposta aguda do $\text{Torque}_{\text{PSDA}}$ foi verificada, após o alongamento agudo dos músculos posteriores da coxa em indivíduos jovens, independente da intensidade prescrita. Esses resultados demonstraram que, para a intensidade $\text{Torque}_{50\%}$, o aumento da $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$ é decorrente da ação integrada dos mecanismos sensoriais e mecânicos. A intensidade $\text{Torque}_{\text{PSDA}}$, por ser o estímulo mínimo de alongamento do *continuum*, foi capaz de promover, somente, alterações nas propriedades biomecânicas da UMT, justificando o aumento da $\text{ADM}_{\text{MÁX}}$.

Dessa forma, é possível concluir que diferentes intensidades de alongamento promovem respostas distintas na UMT, sendo que, o maior estímulo de alongamento ($\text{torque}_{50\%}$) é necessário para promover alterações sensoriais na UMT. O estudo aponta uma direção, na importância da intensidade do estímulo ao alongamento, como componente de carga de treinamento da flexibilidade. Além disso, o CS se comportou como uma eficiente ferramenta no controle da intensidade de alongamento, representando um avanço para a prescrição do treinamento em contextos clínicos e práticos.

REFERÊNCIAS

- ALTER, M. J. **Science of Flexibility** (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.
- APOSTOLOPOULOS, N. *et al.* The relevance of stretch intensity and position—a systematic review. **Front. Psychol.**, v. 6, 2015.
- AVLONITI, A. *et al.* The Acute Effects of Static Stretching on Speed and Agility Performance Depend on Stretch Duration and Conditioning Level. **J. Strength Cond. Res.**, v. 30, n. 10, p. 2767-2773, 2016.
- AYALA, F.; ANDUJAR, P. S. Effect of 3 different active stretch durations on hip flexion range of motion. **J. Strength Cond. Res.**, v. 24, n. 2, p. 430-6, 2010.
- BALE, P.; GOODWAY, J. Performance variables associated with the competitive gymnast. **Sports Med.**, v. 10 p. 139–145, 1990.
- BANDY, W. D.; IRION, J. M. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstrings muscles. **Phys. Ther.**, v. 74, n. 9, p. 845-850, 1994.
- BANDY, W. D.; IRION, J. M.; BRIGGLER, M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. **Phys. Ther.**, v. 77, n. 10, p. 1090-1096, 1997.
- BARBOSA, G. M. *et al.* Static or dynamic stretching program does not change the acute responses of neuromuscular and functional performance in healthy subjects: a single-blind randomized controlled trial. **Rev. Bras. Ciênc. Esporte**, v. 40, n. 4, p. 418-426, 2018.
- BEHM, D. G. *et al.* Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. **Appl. Physiol. Nutr. Metab.**, v. 41, n. 1, p. 1-11, 2015.
- BEN, M.; HARVEY, L. A. Regular stretch does not increase muscle extensibility: a randomized controlled trial. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. 20, n. 1, p. 136–144, 2010.
- BERGAMINI, J. C. **Efeito agudo de diferentes durações e intensidades de alongamento no desempenho da flexibilidade**. 2008. 111f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- BLACKBURN, J. T. *et al.* Sex comparison of extensibility, passive, and active stiffness of the knee flexors. **Clinic. Biomech.**, v. 19, p. 36-43, 2004.

BLAZEVICH, A.J. *et al.* Neuromuscular factors influencing the maximum stretch limit of the human plantar flexors. **J. Appl. Physiol.**, v. 113, p. 1446-1455, 2012.

BRANCO, V. R. *et al.* Relação entre a tensão aplicada e a sensação de desconforto nos músculos isquiotibiais durante o alongamento. **Rev. Bras. Fisioter.**, v. 10, n. 4, p. 465-472, 2006.

CABIDO, C. E. *et al.* Acute effect of constant torque and angle stretching on range of motion, muscle passive properties, and stretch discomfort perception. **J. Strength Cond. Res.**, v. 28, n. 4, p. 1050-1057, 2014.

CARREGARO, R. L.; Gil COURY, H. J. C. Does reduced hamstring flexibility affect trunk and pelvic movement strategies during manual handling? **Int. J. Ind. Ergon.**, v. 39, n. 1, p. 115-120, 2009.

CARVALHO, L. P. **Predição da amplitude de movimento máxima por meio da primeira sensação de alongamento.** 2015. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

CHAGAS, M. H. *et al.* Comparação de duas diferentes intensidades de alongamento na amplitude de movimento. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v.14, n.2, p.99-103, 2008.

CHAGAS, M. H. *et al.* Exploratory factor analysis for differentiating sensory and mechanical variables related to muscle-tendon unit elongation. **Braz. J. Phys. Ther.**, v. 20, p. 240-247, 2016.

CHATZOPOULOS, D. *et al.* Acute effects of static and dynamic stretching on balance, agility, reaction time and movement time. **J. Sports Sci. Med.**, v. 13, n. 2, p. 403, 2014.

CICCHETTI, D. V. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. **Psychological assessment**, v. 6, n. 4, p. 284, 1994.

CLELAND, C. L.; HAYWARD, L.; RYMER, W. Z. Neural mechanisms underlying the clasp-knife reflex in the cat. II. Stretch-sensitive muscular-free nerve endings. **J. Neurophysiol.**, v. 64, n. 4, p. 1319-30, 1990.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.** 2 ed. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

COSTA, P. B.; GRAVES, B. S.; WHITEHURST, M.; JACOBS, P. L. The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance. **J. Strength Cond. Res.**, v. 23, p. 141–147, 2009.

FERREIRA, G. N. T.; TEIXEIRA-SALMELA, L. F.; GUIMARÃES, C. Q. Gains in flexibility related to measures of muscular performance: Impact of flexibility on muscular performance. **Clin. J. Sport Med.**, v.17, n.4, p.276-281, 2007.

FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS**. 4 ed. London: Sage, 2013. 472p.

FREITAS, S. R. *et al.* Muscle and joint responses during and after static stretching performed at different intensities. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 115, n. 6, p. 1263-1272, 2015b.

FREITAS, S. R. *et al.* Responses to static stretching are dependent on stretch intensity and duration. **Clin. Physiol. Funct. Imaging**, v. 35, n. 6, p. 478-484, 2015a.

FREITAS, S. R. *et al.* Stretching effects: high-intensity & moderate-duration vs. low-intensity & long-duration. **Int. J. Sports Med.**, v. 37, n. 03, p. 239-244, 2016.

GAJDOSIK, R. L. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. **Clin. Biomech.**, v. 16, n. 2, p. 87-101, 2001.

GAJDOSIK, R. L. *et al.* Viscoelastic properties of short calf muscle-tendon units of older women: effects of slow and fast passive dorsiflexion stretches in vivo. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.95, n.2-3, p.131-139, 2005.

GAJDOSIK, R. L. Relation of age and passive properties of an ankle dorsiflexion stretch to the timed one-leg stance test in older women. **Percept. Mot. Skills**, v.103, n.1, p.177-182, 2006.

GEARHART, R. F. *et al.* Comparison of memory and combined exercise and memory-anchoring procedures on ratings of perceived exertion during short duration, near-peak-intensity cycle ergometer exercise. **Percept. Mot. Skills**, v. 99, n. 3, p. 775-784, 2004.

GRILL, S. E.; HALLETT, M. Velocity sensitivity of human muscle spindle afferents and slowly adapting type II cutaneous mechanoreceptors. **J. Physiol.**, v. 489, p. 593-602, 1995.

GUISSARD, N.; DUCHATEAU, J. Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. **Muscle Nerve**, v.29, n.2, p. 248-255, 2004.

HALBERTSMA, J. P. *et al.* Extensibility and stiffness of the hamstrings in patients with nonspecific low back pain. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v.82, n. 2, p.232-238, 2001.

HALBERTSMA, J. P.; GÖEKEN, L. N. H. Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstring of healthy subjects. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 75, n. 9, p. 976-981, 1994.

HALBERTSMA, J. P.; VAN BOLHUIS, A. I.; GOEKEN, L. N. Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v.77, n.7, p.688-692, 1996.

HERDA, T. J. *et al.* Effects of two modes of static stretching on muscle strength and stiffness. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.43, n.9, p.1777-1784, 2011.

KATAURA, S. *et al.* Acute effects of the different intensity of static stretching on flexibility and isometric muscle force. **J. Strength Cond. Res**, v. 31, n. 12, p. 3403-3410, 2017.

KAY, A. D.; HUSBANDS-BEASLEY, J.; BLAZEVIČH, A. J. Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 47, n. 10, p. 2181-2190, 2015.

KIM, G. *et al.* Effect of stretching-based rehabilitation on pain, flexibility and muscle strength in dancers with hamstring injury: a single-blind, prospective, randomized clinical trial. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, v. 58, n. 9, p. 1287-1295, 2018.

KONRAD, A.; GAD, M.; & TILP, M. Effect of PNF stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. 25, n. 3, p. 346–355, 2015.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 36, n. 4, p. 674-88, 2004.

KUBO, K. *et al.* Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures *in vivo*. **J. Appl. Physiol.**, v. 90, n. 2, p. 520–527, 2001.

LOCKS, R. R. *et al.* Effects of strength and flexibility training on functional performance of healthy older people. **Rev. Bras. Fisioter.**, v. 16, p. 184–190, 2012.

MCNAIR, P. J.; DOMBROSKI, E. W.; HEWSON, D. J.; STANLEY, S. N. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. **Med. Sic. Sports Exerc.**, v.33, n.3, p.354-358, 2001.

MCNAIR, P. J.; STANLEY, S. N. Effect of passive stretching and jogging on the series elastic muscle stiffness and range of motion of the ankle joint. **Br. J. Sports Med.**, v. 30, n. 4, p. 313-317, 1996.

MAGNUSSON, S. P.; AAGAARD, P.; NIELSON, J. J. Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 32, n. 6, p. 1160-1164, 2000.

MAGNUSSON, S. P. *et al.* A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. **J. Physiol.**, v. 497, n. 1, p. 291-298, 1996a.

MAGNUSSON, S. P. *et al.* Mechanical and physiological responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v.77, n.4, p.373-378, 1996b.

MAGNUSSON, S. P. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. 8, n. 2, p. 65-77, 1998.

MAGNUSSON, SP. *et al.* Determinants of musculoskeletal flexibility: viscoelastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. 7, n. 4, p. 195-202, 1997.

MARCHETTINI, P. Muscle pain: animal and human experimental and clinical studies. **Muscle Nerve**, v. 16, n. 10, p. 1033- 1039, 1993.

MENSE, S.; MEYER, H. Different types of slowly conducting afferent units in cat skeletal muscle and tendon. **J. Physiol.**, v. 363, p. 403-17, Jun 1985.

MELZACK, R.; WALL, P. D. Pain mechanisms: a new theory. **Science**, 150, 971–979, 1965.

MORSE, C. I. *et al.* The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. **J. Physiol.**, v. 586, n. 1, p. 97-106, 2008.

MUANJAI, P. *et al.* The acute benefits and risks of passive stretching to the point of pain. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 117, n. 6, p. 1217-1226, 2017.

NORDEZ, A. *et al.* Acute changes in hamstrings musculo-articular dissipative properties induced by cyclic and static stretching. **Int. J. Sports Med.**, v. 29, n. 5, p. 414-8, 2008.

OBA, K. *et al.* Influence of Constant Torque Stretching at Different Stretching Intensities on Flexibility and Mechanical Properties of Plantar Flexors. **J. strength. Cond. Res.**, 2018.

PAGE, P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. **Int. J. Sports Phys. Ther.**, v. 7, n. 1, p. 109-119, 2012.

PEIXOTO, G. H. C. **Efeito de 10 semanas de treinamento e destreinamento da flexibilidade com as técnicas ângulo constante e torque constante nas variáveis biomecânicas e sensoriais nos músculos posteriores da coxa de adultos jovens.** 2015. 123f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

PEIXOTO, G. H. C. *et al.* Viscoelastic stress relaxation in the hamstrings before and after a 10-week stretching program. **Muscle Nerve**, v.51, p.761-764, 2015.

PORTNEY, L. G.; WATKINS, M. P. **Foundations of clinical research: applications to practice.** 3rd. ed. Boston: Prentice Hall, 2009. 467p.

PURSLOW, P. P. Strain-induced reorientation of an intramuscular connective tissue network: implications for passive muscle elasticity. **J. Biomech.**, v. 22, n. 1, p. 21-31, 1989.

PURSLOW, P. P.; WESS, T. J.; HUKINS, D. W. Collagen orientation and molecular spacing during creep and stress-relaxation in soft connective tissues. **J. Exp. Biol.**, v. 201, n. 1, p. 135-142, 1998.

REID, D. A.; MCNAIR, P. J. Passive force, angle, and stiffness changes after stretching of hamstring muscles. **Med. Sci. Sports. Exerc.**, v. 36, n.11, p. 1944-1948, 2004.

RYAN, E. D. *et al.* The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.**, v.38, n.10, p. 632-639, 2008a.

RYAN, E. D. *et al.* Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose response study. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 40, n. 8, p. 1529-1537, 2008b.

RIEMANN, B. L.; DEMONT, R. G.; RYU, K.; LEPHART, S. M. The effects of sex, joint angle, and the gastrocnemius muscle on passive ankle joint complex stiffness. **J. Athletic Training**, v.36, n.4, p.369-375, 2001.

RODAS, G. *et al.* Short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 82, n. 5-6, p. 480-486, 2000.

SANTOS, C. X. *et al.* Static stretching intensity does not influence acute range of motion, passive torque and muscle architecture. **J. Sport Rehabil.**, p. 1-21, 2018

SULLIVAN, M. K.; DEJULIA, J. J.; WORRELL, T. W. Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.24, n.12, p.1383-1389, 1992.

SHARMA, M. *et al.* Comparison of Lower Extremity Muscle Flexibility in Amateur and Trained Bharatanatyam Dancers and Nondancers. **Med. Probl. Perform. Art.**, v. 33, n. 1, p. 20-25, 2018.

TAYLOR, D. C. *et al.* Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biomechanical effects of stretching. **Am. J. Sports Med.**, v. 18, n. 3, p. 300-309, 1990.

WEIJER, V.C.; GORNIK, G.C.; SHAMUS, E. The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24 hours. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.**, v. 33, p.727-733, 2003.

WEIR, D. E.; TINGLEY, J.; ELDER, G. C. Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contraction. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 93, n. 5-6, p. 614-23, 2005.

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **J. Strength. Cond. Res.**, v.19, n.1, p. 231-240, 2005.

WEPPLER, C. H.; MAGNUSSON, S. P. Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? **Phys. Ther.**, v. 90, n. 3, p. 438-449, 2010.

WITVROUW, E.; MAHIEU, N.; ROOSEN, P.; & MCNAIR, P. The role of stretching in tendon injuries: Review. **Br. J. Sports Med.**, v.41, n.4, p.224-226, 2007.

YEH, C. Y.; CHEN, J. J.; TSAI, K. H. Quantifying the effectiveness of the sustained muscle stretching treatments in stroke patients with ankle hypertonia. **J. Electromyogr. Kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 17, n. 4, p. 453-61, 2007.

YLINEN, J. *et al.* Effect of stretching on hamstring muscle compliance. **J. Rehabil. Med.**, v. 41, n. 1, p. 80-84, 2009.

YOUNG, W.; ELIAS, G.; POWER, J. Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, v. 46, n. 3, p. 403-411, 2006.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) (Terminologia obrigatória em atendimento à resolução 466/12 - CNS-MS)

Venho por meio deste convidá-lo a participar como voluntário do estudo “Impacto da prescrição de diferentes intensidades do alongamento controladas de forma objetiva e subjetiva nas respostas mecânica e sensorial dos músculos posteriores da coxa” sob responsabilidade dos pesquisadores Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade e Wandris Pinheiro Andrade (Mestrando).

OBJETIVO DO ESTUDO

Comparar o efeito da prescrição de diferentes intensidades do alongamento controladas de forma objetiva e subjetiva nas respostas mecânica e sensorial dos músculos posteriores da coxa. A importância deste estudo é fornecer um melhor entendimento a respeito do impacto de diferentes intensidades do alongamento na flexibilidade dos posteriores da coxa, além da compreensão do efeito dos controles da intensidade de alongamento. Isso vai auxiliar futuros estudos nessa área, além de orientar quanto à prescrição do treinamento na prática dos profissionais.

VOLUNTÁRIOS

Para participar deste estudo você deverá ser do sexo masculino, ter idade entre 18 e 35 anos, não ser praticante de treinamento de força ou flexibilidade de membros inferiores no período de coleta de dados e nos últimos seis meses; Não possuir históricos recentes (últimos seis meses) de lesões ou dores musculoesqueléticas dos membros inferiores (MMII), coluna e pelve; não alcançar mais do que 130° de amplitude de extensão do joelho durante a avaliação da flexibilidade.

ENCONTROS

Todos os encontros serão realizados no Laboratório de Biomecânica da UFMG (Biolab). Lá você participará de sete encontros, sendo, três sessões que inclui familiarização, confiabilidade e controle e quatro sessões de intervenção da prescrição de diferentes intensidades de alongamento controladas de forma objetiva e subjetiva na flexibilidade dos posteriores da coxa, os seguintes procedimentos serão realizados.

PROCEDIMENTOS

No primeiro encontro, você será orientado e receberá todas as informações dos procedimentos de pesquisa, e conhecerá todos os instrumentos da coleta, e quaisquer outras dúvidas serão sanadas e respondidas. Caso concorde em se voluntariar, você será ensinado a como operar o equipamento de flexibilidade e terá alguns dados corporais avaliados, como altura, peso, comprimento e peso das pernas. Logo em seguida, você será encaminhado para familiarização no aparelho *flexmachine*, que consistirá no procedimento de repetições de movimento passivo de extensão máxima de joelho. As intensidades de alongamento do experimento também serão identificadas nesse procedimento. A duração de todos os procedimentos do primeiro encontro será de 60 a 90 min. Todos os encontros serão realizados com uma média de 48 horas de intervalo.

No segundo encontro serão repetidos os procedimentos referentes à familiarização às intensidades do experimento com o movimento de extensão passiva de joelho, assim como o movimento passivo de extensão máxima de joelhos e, terá duração de 30 a 45 min.

No terceiro encontro os participantes serão avaliados (pré-teste) durante a manobra de extensão passiva de joelho no *Flexmachine*, em ambos os membros inferiores. As variáveis do estudo serão mensuradas. Logo depois, permanecerão por cinco minutos assentados e, em seguida serão reavaliados (pós- teste). A duração deste encontro será de 30 min. Serão coletados dados para a sessão controle e confiabilidade.

No quarto, quinto, sexto e sétimo encontro, você passará por um pré-teste, logo depois, por uma das condições experimentais (alongamento dos posteriores da coxa em uma das intensidades e em uma das formas de controle), entretanto, a configuração da condição de treinamento será diferente da sessão anterior. Por fim, o pós-teste. A duração de cada um desses encontros será de 15 a 30 min.

RISCOS E BENEFÍCIOS

Os participantes serão submetidos a um procedimento experimental, consistindo na análise das propriedades mecânicas e sensoriais na flexibilidade dos posteriores da coxa em uma manobra de alongamento, há risco físico para lesão aguda deste músculo, porém, este procedimento será realizado de forma passiva, controlado e autorregulado, com uma velocidade de alongamento de 5°/s. Além disso, o equipamento possui dispositivo de frenagem para amplitudes extremas de movimento, dessa forma para esse procedimento os riscos físicos são controlados e minimizados. Este procedimento já vem sendo utilizado há mais de dez anos pelo laboratório de Biomecânica, sem nenhuma incidência de dano físico ao voluntário.

Os benefícios que você poderá esperar com a sua participação, mesmo que não diretamente, são: informações a respeito de prováveis desequilíbrios e diferenças de amplitudes de movimento (ADM) articular entre os membros testados. Essas informações juntamente com as orientações são necessárias para correções dessas possíveis diferenças, evitando dessa forma possíveis lesões musculares. Este projeto também auxiliará nos futuros estudos que investigam a flexibilidade e no

esporte. Ao final do experimento o voluntário receberá um relatório contendo seu perfil de flexibilidade e algumas observações caso necessite sobre desequilíbrio e diferenças entre membros.

1. Sempre que desejar, será fornecido esclarecimento sobre qualquer etapa do estudo.
2. Este termo de consentimento será emitido em duas vias, uma que ficará com você, a outra com os pesquisadores.
3. A qualquer momento, você poderá interromper sua participação na pesquisa e, também, poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.
4. Em caso de dúvida sobre questão ética, ou qualquer denúncia, você poderá comunicar ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CEP-UFMG), contatos seguem abaixo, de forma anônima, sem sofrer qualquer prejuízo.
5. As informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo, e a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.
6. Quaisquer informações de ordem pessoal jamais serão compartilhadas, arquivadas ou utilizadas para outro fim do que o necessário à realização dos procedimentos.
7. Finalmente, você, _____ tendo compreendido perfeitamente tudo o que lhe foi informado a respeito da sua participação no mencionado estudo, e estando consciente dos seus direitos, das suas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a sua participação implicam, concorda em participar e **DÁ SEU CONSENTIMENTO, AFIRMANDO QUE PARA ISSO VOCÊ NÃO FOI FORÇADO OU OBRIGADO A PARTICIPAR.**

Endereço dos responsáveis pela pesquisa:

Pesquisador responsável: Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade

Wandris Pinheiro Andrade (aluno de Mestrado)

Instituição: UFMG / Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional / BIOLAB-CENESP

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627

Bairro: Pampulha. CEP. 31270-901 Cidade: Belo Horizonte / MG.

Telefones p/contato: 3409-2360/ 988243946 (Contato: Wandris Pinheiro Andrade)

ATENÇÃO: Para informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais:

Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, Campus Pampulha

Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte / MG. CEP: 31270-901

Telefone: 3409-4592

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2018.

Assinatura do voluntário. (Rubricar as demais folhas)	Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade (Rubricar as demais folhas)
--	---

APÊNDICE 2 - Delineamento em Quadrado Latino

Quando mais de duas condições experimentais são utilizadas nos estudos, o número de sequências de aplicação das condições deve ser considerado. As combinações de sequência representam os blocos aos quais o indivíduo pode ser alocado aleatoriamente, evitando o efeito da ordem e garantindo não haver tendência nas sequências de tratamento (PORTNEY E WATKINS, 2009).

No presente estudo há oito condições de intervenção (CS (Torque_{PSDA} e MMII Direito), CS (Torque_{50%} e MMII Direito), CO (Torque_{PSDA} e MMII Direito), CO (Torque_{50%} e MMII Direito), CS (Torque_{PSDA} e MMII Esquerdo), CS (Torque_{50%} e MMII Esquerdo), CO (Torque_{PSDA} e MMII Esquerdo), CO (Torque_{50%} e MMII Esquerdo)) que geraram 9.216 possíveis combinações, mas devido ao tamanho da amostra do presente estudo ($n=16$), somente 16 combinações aleatórias foram utilizadas e incluídas na matriz, na qual os indivíduos foram alocados de forma aleatória. Foram necessários dois quadrados latinos de matriz 8x8 para atender o n amostral do presente estudo (TABELA 4 e 5). Além disso, foi adotado ainda como critério, na permutação, a realização de duas intervenções no mesmo dia, sendo uma no MMII D e outra no MMII E. Assim, os voluntários passaram por todas as condições experimentais, que foram aleatorizadas juntamente com os membros inferiores direito e esquerdo, sendo que, cada condição experimental foi realizada em sessões distintas.

O quadrado latino é uma matriz composta por um número igual de linhas e colunas que designa permutações aleatórias das sequências de combinações. As linhas do quadrado latino representam os indivíduos e as colunas às sessões de intervenção (ST1, ST2, ST3 e ST4). O quadrado foi configurado aleatoriamente com letras estabelecidas para cada célula e que representam as condições de intervenção (A- CS (Torque_{PSDA} e MMII Direito), B- CS (Torque_{50%} e MMII Direito), C- CO (Torque_{PSDA} e MMII Direito), D- CO (Torque_{50%} e MMII Direito), E- CS (Torque_{PSDA} e MMII Esquerdo), F- CS (Torque_{50%} e MMII Esquerdo), G- CO (Torque_{PSDA} e MMII Esquerdo), H- CO (Torque_{50%} e MMII Esquerdo)), dessa forma, nenhuma condição de tratamento aparece em uma linha ou coluna mais de uma vez.

Tabela 4 - Delineamento em Quadrado Latino 1 (matriz 8 x 8).

Indivíduos	Sessão das Intervenções							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	A	E	B	F	H	D	G	C
2	F	B	E	A	C	H	D	G
3	B	F	A	E	D	G	C	H
4	E	A	F	B	G	C	H	D
5	C	G	H	D	A	F	B	E
6	D	H	C	G	E	B	F	A
7	G	C	D	H	B	E	A	F
8	H	D	G	C	F	A	E	B

A – Controle Subjetivo (Torque_{PSDA} e MMII Direito), **B** – Controle Subjetivo (Torque_{50%} e MMII Direito), **C** – Controle Objetivo (Torque_{PSDA} e MMII Direito), **D** – Controle Objetivo (Torque_{50%} e MMII Direito), **E** – Controle Subjetivo (Torque_{PSDA} e MMII Esquerdo), **F** – Controle Subjetivo (Torque_{50%} e MMII Esquerdo), **G** – Controle Objetivo (Torque_{PSDA} e MMII Esquerdo), **H** – Controle Objetivo (Torque_{50%} e MMII Esquerdo).

Tabela 5 - Delineamento em Quadrado Latino 2 (matriz 8 x 8).

Indivíduos	Sessão das Intervenções							
	1	2	3	4	5	6	7	8
9	B	G	C	E	D	F	A	H
10	C	E	G	B	F	D	H	A
11	G	B	E	C	A	H	D	F
12	E	C	B	G	H	A	F	D
13	H	A	F	D	E	B	C	G
14	A	F	D	H	B	E	G	C
15	F	D	H	A	G	C	B	E
16	D	H	A	F	C	G	E	B

A – Controle Subjetivo (Torque_{PSDA} e MMII Direito), **B** – Controle Subjetivo (Torque_{50%} e MMII Direito), **C** – Controle Objetivo (Torque_{PSDA} e MMII Direito), **D** – Controle Objetivo (Torque_{50%} e MMII Direito), **E** – Controle Subjetivo (Torque_{PSDA} e MMII Esquerdo), **F** – Controle Subjetivo (Torque_{50%} e MMII Esquerdo), **G** – Controle Objetivo (Torque_{PSDA} e MMII Esquerdo), **H** – Controle Objetivo (Torque_{50%} e MMII Esquerdo).

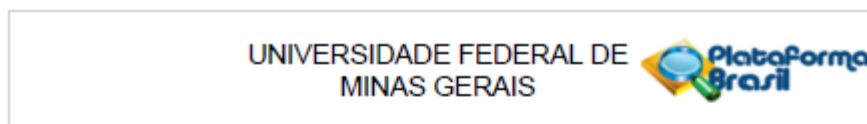
No presente estudo, a combinação da sequência de aplicação das condições de intervenção foi realizada de acordo com a ordem de avaliação dos indivíduos na familiarização. Dessa forma, os oito primeiros voluntários avaliados realizaram, em ordem crescente, as sequências descritas nas linhas da tabela 4 (e.g., voluntário 1- sequência A-E-B-F-H-D-G-C) e os oito restantes as sequências apresentadas na tabela 5 (e.g., voluntário 9- sequência D-H-A-F-C-G-E-B).

APÊNDICE 3 - Dados descritivos das variáveis do estudo

Condição	CONT		SUBJPSDA		SUBJ50%		OBJPSDA		OBJ50%		
	Teste	Média (\pm DP)	Amplitude	Média (\pm DP)	Amplitude	Média (\pm DP)	Amplitude	Média (\pm DP)	Amplitude	Média (\pm DP)	Amplitude
ADM _{MÁX} (°)	PRE	117,1 \pm 16,1	91,5 - 141,5	118,8 \pm 16	89,1 - 148,8	119,8 \pm 15,4	87 - 145,9	121,3 \pm 13,4	97 - 139,2	120,1 \pm 13,9	93,5 - 139,2
	POS	118,7 \pm 15,6	92,8 - 141,7	125,4 \pm 15,9	95,1 - 149,7	128,9 \pm 15,6	94 - 149,2	127,4 \pm 13,8	100,1 - 143,3	129,8 \pm 14,9	99,4 - 147,3
	Δ MOD	1,6 \pm 1,6	-6,2	6,6 \pm 2,8	0,9 - 11,7	9,1 \pm 2,5	3,4 - 12,7	6,1 \pm 2,3	2,5 - 8,9	9,7 \pm 3,1	5,9 - 17,6
Torque _{MÁX} (N.m)	PRE	93,8 \pm 25,5	51 - 131,3	95,1 \pm 26	55,3 - 135,3	95,6 \pm 25,6	55,7 - 138,7	99 \pm 23,9	61 - 136,3	98,6 \pm 27	52,7 - 138,3
	POS	96,1 \pm 22,5	60,7 - 132	98,1 \pm 24,7	53,3 - 145,3	105,6 \pm 27,5	68,7 - 157,3	102,1 \pm 27,1	65,3 - 147,7	110 \pm 27,6	70 - 163
	Δ MOD	2,3 \pm 6,7	-31	3 \pm 8	-29	10 \pm 6,8	-27,3	3,1 \pm 6,8	-25,7	11,4 \pm 6,4	3,3 - 24,7
ADM _{50%} (°)	PRE	88,1 \pm 12,7	64,2 - 112,1	93,3 \pm 14,7	74 - 133,2	90,3 \pm 13,6	74,1 - 115,1	92,7 \pm 10,8	78,5 - 116	91,6 \pm 12,1	74,6 - 112,8
	POS	89,7 \pm 13,3	70,3 - 113,9	96,9 \pm 11,4	82,9 - 125,4	100 \pm 13,3	80,4 - 127,3	95,6 \pm 12,8	77,6 - 116,1	100,6 \pm 14,6	82,1 - 124,5
	Δ MOD	1,6 \pm 3,4	-11	3,6 \pm 6,1	-26,4	9,6 \pm 5,1	2,1 - 18,9	3 \pm 6,5	-23,3	9 \pm 4,5	0,1 - 15,6
Torque _{50%} (N.m)	PRE	45,7 \pm 16,3	13,3 - 72,3	52,2 \pm 18,8	27,3 - 103	47,8 \pm 17,2	21,3 - 80,7	50,4 \pm 14	29 - 76,3	51,3 \pm 16,9	31,3 - 89
	POS	46,5 \pm 14,8	15 - 74,3	50,7 \pm 14,9	33,3 - 83,7	54 \pm 15,2	33 - 87	49,5 \pm 17,6	26,7 - 93	54,9 \pm 17,2	38 - 91
	Δ MOD	0,9 \pm 4,4	-15,7	-1,5 \pm 9,6	-39,3	6,3 \pm 8,9	-32,7	-0,9 \pm 6,8	-28,7	3,6 \pm 6,8	-24,6
ADM _{PSDA} (°)	PRE	68,3 \pm 14,4	51 - 102,4	71,5 \pm 15,5	53,1 - 111,5	69,8 \pm 13,5	55,1 - 96,4	70,8 \pm 13,4	52,6 - 98,2	71,1 \pm 13	55,1 - 93,5
	POS	68,4 \pm 14,3	50,6 - 97,4	73,4 \pm 12	57,5 - 99,6	76,3 \pm 14,9	59,5 - 107,3	74,6 \pm 13	55,3 - 100,7	77,4 \pm 15,3	57,8 - 104
	Δ MOD	0,1 \pm 4,7	-17,6	1,9 \pm 7,2	-32,1	6,5 \pm 2,8	2,2 - 11,5	3,8 \pm 6,9	-24,9	6,3 \pm 5,5	-18
Torque _{PSDA} (N.m)	PRE	25,5 \pm 12,8	9,3 - 52,3	28,8 \pm 16	8,7 - 71,7	27 \pm 12,3	10,3 - 50	27,3 \pm 12,1	11,3 - 48,7	29,1 \pm 14	8,7 - 57,7
	POS	25 \pm 12	8 - 44,7	26,9 \pm 13	8,7 - 54,7	28,9 \pm 14	11,7 - 58,3	28,1 \pm 12,4	9,3 - 55,3	29,5 \pm 14	9,7 - 60,7
	Δ MOD	-0,5 \pm 4,7	-18,6	-1,9 \pm 8,3	-39,4	1,9 \pm 3,2	-12	0,8 \pm 4,5	-18,3	0,4 \pm 3,9	-12,7
Rigidez (N.m) ^{1/2}	PRE	1,08 \pm 0,22	0,78 - 1,64	1,08 \pm 0,32	0,4 - 1,59	1,12 \pm 0,27	0,62 - 1,51	1,13 \pm 0,23	0,79 - 1,53	1,17 \pm 0,25	0,72 - 1,68
	POS	1,08 \pm 0,21	0,7 - 1,55	1,02 \pm 0,24	0,67 - 1,41	1,04 \pm 0,27	0,61 - 1,75	1,05 \pm 0,26	0,49 - 1,42	1,01 \pm 0,18	0,66 - 1,3
	Δ MOD	0 \pm 0,1	-0,46	-0,06 \pm 0,1	-0,53	-0,08 \pm 0,13	-0,49	-0,08 \pm 0,12	-0,5	-0,16 \pm 0,2	-0,56
Energia (N.m) ^{1/2}	PRE	165,9 \pm 59,7	72,4 - 271,1	180,9 \pm 83,0	91,6 - 389,5	176,5 \pm 68,1	74,3 - 292,0	182,5 \pm 59,5	94,3 - 299,3	191,9 \pm 61,8	105,5 - 295,2
	POS	165,3 \pm 59,2	77,7 - 274,4	158,3 \pm 64,6	81,09 - 322,1	155,2 \pm 62,1	73,5 - 307,9	165,8 \pm 60,1	83,6 - 287,4	161,6 \pm 49,3	87,2 - 270,4
	Δ MOD	-0,58 \pm 12,1	-42,09	-22,6 \pm 25,86	-102,61	-21,32 \pm 34,1	-128,49	-16,7 \pm 18,01	-71,68	-30,2 \pm 28,41	-91,32

ANEXO

Anexo A- Parecer EPIC 2.430.125



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Impacto da prescrição de diferentes intensidades do alongamento controladas de forma objetiva e subjetiva nas respostas mecânica e sensorial dos músculos posteriores da coxa

Pesquisador: André Gustavo Pereira de Andrade

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 80248717.0.0000.5149

Instituição Proponente: Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.430.125

Apresentação do Projeto:

A flexibilidade é uma capacidade física definida como a amplitude de movimento articular (ADM) disponível em uma articulação, e tradicionalmente é representada pela ADM. Uma das intervenções mais utilizadas para aumentar a ADM articular é por meio de exercícios de alongamento. Apesar de estar bem estabelecido na literatura do efeito agudo do alongamento em aumentar a ADM máxima (ADMMÁX), ainda não se sabe qual intensidade de alongamento promovem maiores ganhos de ADMMÁX e garantir assim sua máxima eficiência. A identificação e o treinamento dos indivíduos nas intensidades utilizadas no presente estudo com o controle da intensidade de forma subjetiva e que gerasse as adaptações desejadas dessa capacidade física poderia contribuir para a rotina de treinamentos em vários campos, com a prescrição do treinamento de forma controlada, sendo o primeiro passo para criação de uma normativa de carga utilizando uma faixa de percepção. O presente estudo tem o seguinte objetivo: (1) Comparar o efeito da prescrição de diferentes intensidades do alongamento controladas de forma objetiva e subjetiva nas respostas mecânica e sensorial dos músculos posteriores da coxa. A amostra será composta por indivíduos do sexo masculino, adultos jovens, com idade entre 18 e 35 anos. Será utilizada a ANOVA de dois fatores para comparar a diferença entre o efeito da intervenção na mesma intensidade submáxima realizadas com o controle de forma objetiva e subjetiva. Além da comparação entre diferentes intensidades realizadas com a mesma forma de controle (objetiva

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2ª Ad 31 2005
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@ppq.ufmg.br