

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Escola de Educação Física

Programa de Pós-Graduação em

Ciências do Movimento Humano

Dissertação de Mestrado

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR
SOBRE A INIBIÇÃO MUSCULAR, PRODUÇÃO DE TORQUE,
CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA DE IDOSAS
COM OSTEOARTRITE DE JOELHO**

Matias Fröhlich

Orientador Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz

Porto Alegre, Setembro de 2012

MATIAS FRÖHLICH

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SOBRE A
INIBIÇÃO MUSCULAR, PRODUÇÃO DE TORQUE, CAPACIDADE
FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA DE IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE
JOELHO

Dissertação de Mestrado apresentada à
Escola de Educação Física da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul como requisito para a obtenção do
título de Mestre do Programa de Pós-
Graduação em Ciências do Movimento
Humano.

ORIENTADOR:

PROF. DR. MARCO AURÉLIO VAZ

Porto Alegre, setembro de 2012

CIP - Catalogação na Publicação

Fröhlich, Matias
EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR
SOBRE A INIBIÇÃO MUSCULAR, PRODUÇÃO DE TORQUE,
CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA DE IDOSAS
COM OSTEOARTRITE DE JOELHO / Matias Fröhlich. -- 2012.
81 f.

Orientador: Marco Aurélio Vaz.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. Osteoartrite. 2. Estimulação elétrica
neuromuscular. 3. Inibição muscular. 4. Torque. 5.
Idosas. I. Vaz, Marco Aurélio, orient. II. Título.

MATIAS FRÖHLICH

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SOBRE A
INIBIÇÃO MUSCULAR, PRODUÇÃO DE TORQUE, CAPACIDADE
FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA DE IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE
JOELHO

BANCA AVALIADORA:

PROFA. DRA. STELA MÁRCIA MATTIELLO

DR. FRANCISCO CONSOLI KARAM

PROF. DR. FLÁVIO DE SOUZA CASTRO

AGRADECIMENTOS

Ao longo do curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano e durante a realização do presente projeto de pesquisa, diversas pessoas contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste estudo. Demonstro aqui, meu imenso apreço em agradecimento a essas pessoas, sem as quais nada disto seria possível.

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Olavo e Susana Fröhlich, com os quais convivo diariamente e sempre recebi apoio incondicional, especialmente no momento em que decidi ingressar no curso de mestrado abrindo mão de outros planos. De coração, muito obrigado.

Agradeço ao meu tio e querido amigo Prof. Dr. Egon Fröhlich pelo enorme incentivo em seguir na vida acadêmica e pelas inúmeras vezes em que me aconselhou. Obrigado pela ajuda.

Aos colegas e amigos do Grupo de Pesquisa em Biomecânica e Cinesilogia e do Curso de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano pela amizade, união e aprendizado ao longo desta jornada. Obrigado.

Agradeço a todos funcionários do Laboratório de Pesquisa do Exercício, especialmente Luciano Souza Wutke, Rosangela Azevedo de Andrade e Luiz Pinto Ribeiro, pela competência e apoio ao longo da realização deste estudo. Muito Obrigado.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano dos quais fui aluno durante o curso de Mestrado e com os quais aprendi muito durante estes dois anos. Muito obrigado.

Agradeço enormemente às participantes deste projeto, sem as quais não teria sido possível realizá-lo. Seu engajamento neste projeto não teve preço para mim. Muito obrigado.

Agradeço também à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPQ) pelo suporte financeiro deste projeto.

Sou grato especialmente às pessoas que contribuíram diretamente para este projeto, tanto na etapa de coleta quanto para a análise de dados: Profa. Ms. Mônica Melo, Michele Zini dos Santos, Lúcia Borges, Prof. Ms. Fernando Aguiar Lemos e Dr. Francisco Consoli Karam. Muito obrigado pela competência e apoio.

Por último, mas mais importante, agradeço profundamente ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz pela oportunidade em cursar o Mestrado nesta universidade, pelo exemplo de caráter e por sempre exigir o meu melhor em todas as situações. Sem dúvida termino esta etapa com uma bagagem de conhecimento enorme, mas acima disto, como um ser humano melhor. Obrigado do fundo do coração.

“O conhecimento torna a alma jovem
e diminui a amargura da velhice.
Colhe, pois, a sabedoria.
Armazena suavidade para o amanhã.”

Leonardo da Vinci

RESUMO

A maior característica de pessoas com osteoartrite (OA) de joelho é a fraqueza muscular causada pela inibição muscular. A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma forma alternativa de tratamento. O problema da sua utilização com a população de idosos com OA é a necessidade de engajamento dos idosos em programas de reabilitação em clínicas e hospitais, o que envolveria um custo elevado com sessões de fisioterapia, transporte até o local de tratamento, além das dificuldades associadas ao deslocamento. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de um programa domiciliar de 12 semanas de EEN sobre a inibição muscular, capacidade de produção de torque, capacidade funcional, nível de atividade física e qualidade de vida de idosos com OA de joelho. **Materiais e Métodos:** Oito mulheres com $64,1 \pm 8$ anos foram submetidas a um programa domiciliar de 12 semanas de EEN. Para a avaliação da IM foi utilizada a técnica de interpolação de abalo. Avaliou-se o torque isométrico e dinâmico por meio de dianamometria isocinética. Para avaliar a capacidade funcional aplicou-se o teste *Time Up-and-Go*. A qualidade de vida e o nível de atividade física foram avaliados por meio dos questionários WOMAC e IPAQ, respectivamente. Todos os testes foram realizados antes e imediatamente após as 12 semanas de EEN. **Resultados:** Observou-se uma diminuição de 55,1% da IM após as 12 semanas de tratamento em comparação com o período pré-treinamento ($p=0,028$). Não foram observadas mudanças nos valores de torque isométrico nos ângulos avaliados ($p=0,857$) e tampouco nos torque dinâmicos nas diferentes velocidades angulares ($p=0,857$). Observou-se uma melhora na capacidade funcional ($p=0,008$) enquanto não houve diferença no nível de atividade física ($p=0,871$). Não houve alterações nos domínios dor ($p=0,117$) e rigidez ($p=0,190$) enquanto houve melhora na incapacidade física ($p=0,049$) avaliadas no questionário. Embora não tenha sido possível observar o aumento na capacidade de produção de força de idosos com OA, o programa domiciliar progressivo de fortalecimento por meio de EEN foi capaz de reduzir a IM e a incapacidade física, enquanto aumentou a capacidade funcional.

Artigo 1. Pessoas com osteoartrite (OA) de joelho apresentam fraqueza muscular causada pela inibição muscular (IM). A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma alternativa para o fortalecimento muscular. O objetivo deste estudo foi de avaliar o efeito de um programa domiciliar de 12 semanas de EEN na IM de idosos com OA de joelho. **Materiais e Métodos:** Oito mulheres com $64,1 \pm 8$ anos foram submetidas a um programa domiciliar de 12 semanas de EEN. Para a avaliação da IM foi utilizada a técnica de interpolação de abalo antes e após o programa domiciliar de 12 semanas de treinamento. **Resultados:** Observou-se uma diminuição de 55,1% da IM após as 12 semanas de tratamento em comparação com o período pré-treinamento ($p=0,028$). **Conclusão:** No presente estudo, o programa domiciliar progressivo de 12 semanas de EEN reduziu a IM de idosos com OA de joelho. **Palavras-chave:** Osteoartrite de Joelho, Inibição Muscular, Estimulação Elétrica Neuromuscular.

Artigo 2. A maior característica de pessoas com osteoartrite (OA) de joelho é a fraqueza muscular. A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma forma alternativa de tratamento. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de um programa domiciliar de 12 semanas de EEN sobre a capacidade de produção de torque, capacidade funcional, nível de atividade física e qualidade de vida de idosas com OA de joelho. Materiais e Métodos: Oito mulheres com $64,1 \pm 8$ anos foram submetidas a um programa domiciliar de 12 semanas de EEN. Avaliou-se o torque isométrico e dinâmico por meio de dianamometria isocinética. Para avaliar a capacidade funcional aplicou-se o teste *Time Up-and-Go*. A qualidade de vida e o nível de atividade física foram avaliados por meio dos questionários WOMAC e IPAQ, respectivamente. Resultados: Não foram observadas mudanças nos valores de torque isométrico nos ângulos avaliados ($p=0,857$) e tampouco nos torque dinâmicos nas diferentes velocidades angulares ($p=0,857$). Observou-se uma melhora na capacidade funcional ($p=0,008$) enquanto não houve diferença no nível de atividade física ($p=0,871$). Não houve alterações nos domínios dor ($p=0,117$) e rigidez ($p=0,190$) enquanto houve melhora na incapacidade física ($p=0,049$) avaliadas no questionário. Conclusão: Embora não tenham sido observadas alterações na produção de torque, houve melhora na capacidade física e na incapacidade para realizar atividades de vida diárias após o treinamento com EEN em idosas com OA de joelho. Palavras-chave: Osteoartrite de Joelho, Torque e Estimulação Elétrica Neuromuscular.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Estimulador elétrico amigável ao idoso construído especialmente para uso domiciliar no tratamento da inibição muscular e fortalecimento dos extensores do joelho.
- Figura 2: Posicionamento dos eletrodos e fixação por meio da faixa especial.
- Figura 3: Torque de repouso (TR) gerado por um duplo-abalo; torque de abalo interpolado (TAI).
- Figura 4: Média e desvio padrão do grau de IM antes e após um programa de 12 semanas de EEN realizadas em domicílio.
- Figura 5: Torque isométrico normalizado pela média do torque em 75° nos ângulos articulares de 60°, 75°, 90° e 105° de flexão, antes e após o treinamento de 12 semanas por meio de EEN.
- Figura 6: Torque dinâmico de extensores de joelho normalizados pela CVMI em 75° de flexão. Médias e desvios padrão nas velocidades de 0°/s, 60°/s, 120°/s, 180°/s e 240°/s, antes e após o treinamento domiciliar de 12 semanas com EEN.
- Figura 7: Escores de dor, rigidez e incapacidade física antes e após o treinamento de 12 semanas de EEN realizados em domicílio.
- Figura 8: Média e desvio padrão do nível de atividade física antes e após o treinamento de 12 semanas com EEN.
- Figura 9: Média e desvio padrão do tempo para a realização do teste *Time Up-and-Go* antes e após o treinamento de 12 semanas com EEN.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros de estimulação elétrica utilizada nos estudos encontrados.

Quadro 2: Protocolo de EEN domiciliar do músculo quadríceps.

LISTA DE ABREVIÇÕES

- AP ângulo de penação: definido como o ângulo formado entre a trajetória fascicular e a aponeurose profunda de um músculo.
- AST área de secção transversa: área total medida em um corte perpendicular ao comprimento de um músculo.
- ASTF área de secção transversa fisiológica: área total medida em um corte perpendicular às fibras de um músculo.
- CF comprimento fascicular: distância da trajetória fascicular entre a aponeurose superficial e profunda.
- CVM contração voluntária máxima: contração muscular realizada de forma voluntária, em que se produz o máximo de torque que o sujeito é capaz.
- CVMD contração voluntária máxima dinâmica: contração muscular realizada de forma voluntária, em que se produz o máximo de torque que o sujeito é capaz em uma situação dinâmica (em que há variação do ângulo articular).
- CVMI contração voluntária máxima isométrica: contração muscular realizada de forma voluntária, em que se produz o máximo de torque que o sujeito é capaz em uma situação isométrica (em que não há variação do ângulo articular).
- EEN estimulação elétrica neuromuscular: forma de eletroterapia que vem sendo utilizada para o fortalecimento muscular. A corrente elétrica é aplicada sobre a pele que recobre o ponto-motor do músculo, a fim de ativar um maior número de fibras musculares.

- EM espessura muscular: parâmetro de arquitetura muscular. É a distância entre as aponeuroses superficial e profunda de um músculo.
- IM inibição muscular: incapacidade de ativação voluntária de parte das fibras ou unidades motoras que compõe um músculo.
- MHC* cadeia pesada de miosina.
- OA osteoartrite: patologia na estrutura articular que inclui dano e perda da cartilagem articular, remodelamento anormal e atrito do tecido ósseo subcondral, formação de osteófitos, lassidão ligamentar, enfraquecimento da musculatura que age na articulação e, em alguns casos, distensão sinovial e inflamação.
- RF reto femoral: músculo que compõe o quadríceps femoral, que age tanto como extensor do joelho quanto flexor do quadril.
- TAI torque de abalo interpolado: determinado ao sobrepor-se um abalo durante uma CVMI.
- TR torque de repouso: torque gerado por um duplo-abalo. É determinado pela média de três estímulos subsequentes.
- VL vasto lateral: músculo que compõe o quadríceps femoral, que age como extensor do joelho. É localizado na porção lateral do músculo.
- VM vasto medial: músculo que compõe o quadríceps femoral, que age como extensor do joelho. É localizado na porção medial do músculo.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	15
INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO I	21
1. REVISÃO DE LITERATURA	21
1.1. <i>Estimulação elétrica neuromuscular (EEN) e fortalecimento muscular</i>	21
1.2. <i>Mecanismos responsáveis pelas alterações na capacidade de produção de força por meio da EEN</i>	22
1.3. <i>Fortalecimento por meio de EEN em indivíduos com osteoartrite de joelho</i>	26
1.4. <i>Análise crítica da literatura</i>	28
CAPÍTULO II	30
EFEITOS DE UM PROGRAMA DOMICILIAR DE 12 SEMANAS DE ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SOBRE A INIBIÇÃO MUSCULAR DE IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO	30
2.1. INTRODUÇÃO	31
2.2. MATERIAIS E MÉTODOS	32
2.2.1. <i>Cálculo Amostral</i>	32
2.2.2. <i>Critérios de inclusão</i>	32
2.2.3. <i>Critérios de exclusão</i>	33
2.2.4. <i>Perda amostral</i>	33
2.2.5. <i>Amostra</i>	33
2.2.6. <i>Protocolo de treinamento por meio da EEN</i>	35
2.2.7. <i>Avaliação da Inibição Muscular</i>	39
2.2.8. <i>Análise estatística</i>	41
2.3. RESULTADOS	41
2.4. DISCUSSÃO	42
2.5. CONCLUSÃO	45
CAPÍTULO III	46
EFEITOS DE UM PROGRAMA DOMICILIAR DE 12 SEMANAS DE ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SOBRE A PRODUÇÃO DE TORQUE, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA DE IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO	46
3.1. INTRODUÇÃO	47
3.2.1. <i>Amostra</i>	48
3.2.2. <i>Protocolo de treinamento por meio da EEN</i>	50

3.2.3. Avaliação do torque produzido pelo estimulador elétrico portátil.....	52
3.2.4. Avaliação das propriedades mecânicas do quadríceps.....	53
3.2.5. Análise das propriedades mecânicas do quadríceps.....	55
3.2.6. Avaliação da capacidade funcional.....	55
3.2.7. Avaliação da qualidade de vida.....	56
3.2.8. Avaliação do nível de atividade física.....	56
3.2.9. Análise estatística.....	57
3.3. RESULTADOS.....	58
3.4. DISCUSSÃO.....	62
3.5. CONCLUSÃO.....	66
4.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
6. REFERÊNCIAS.....	69
7. ANEXOS.....	74
7.1. Termo de consentimento livre e esclarecido.....	74
7.2. Questionário IPAQ.....	76
7.3. Questionário WOMAC.....	78

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação foi escrita na forma de uma revisão de literatura seguida de dois artigos científicos. O projeto buscou entender diversos aspectos relacionados aos efeitos da estimulação elétrica aplicada ao músculo quadríceps de idosas com osteoartrite de joelho. Contou com o apoio e financiamento da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq). As avaliações do estudo foram realizadas nas dependências do Laboratório de Pesquisa do Exercício, na Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS - Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil).

INTRODUÇÃO

Uma das doenças mais comuns no idoso é a osteoartrite (OA) que acomete a articulação do joelho. Atualmente estima-se que, no mundo, esta doença é prevalente entre 40% e 57% das mulheres nos seus 60 anos de idade e entre 74% e 84% das mulheres acima de 70 anos [1], embora sua prevalência varie em diferentes populações e em função do critério de diagnóstico utilizado [2]. A OA pode ser definida por sintomas articulares, por patologia na estrutura articular ou por ambas, sendo que os primeiros sintomas incluem dor e rigidez. A patologia na estrutura articular é diversa, incluindo dano e perda da cartilagem articular, remodelamento anormal e atrito do tecido ósseo subcondral, formação de osteófitos, lassidão ligamentar, enfraquecimento da musculatura que envolve a articulação e, em alguns casos, distensão sinovial e inflamação [3].

O impacto populacional e econômico é alto para a OA que acomete a articulação do joelho, visto que é a de ocorrência mais comum [4]. A dor e rigidez em articulações que sustentam o peso corporal levam a problemas de mobilidade e limitam a realização das atividades de vida diárias, muitas vezes sendo necessária a realização de procedimento cirúrgico para a colocação de prótese [5]. Além disto, a doença pode ter início de forma assintomática em função do tecido cartilaginoso não possuir inervação [6], e pessoas acometidas pela doença costumam procurar formas de tratamento somente após a manifestação da dor. O diagnóstico tardio da OA impossibilita o controle de sua progressão, aumentando ainda mais sua incidência.

Uma das principais características dos indivíduos acometidos pela OA é a fraqueza muscular dos músculos extensores do joelho [7]. O desenvolvimento de fraqueza na musculatura peri-articular, em joelhos acometidos por lesão, tem sido atribuído a incapacidade de ativação voluntária de parte das unidades motoras que compõe esses músculos [8]. Esta incapacidade de ativação máxima ou inibição muscular (IM) já foi apontada anteriormente como fator precursor da OA, podendo inclusive ocorrer antes da manifestação da dor [9]. O grau de redução na ativação voluntária parece estar diretamente relacionado com o grau da lesão nesses pacientes [10]. A IM é causada por uma alteração na descarga dos receptores sensoriais em torno da articulação lesionada. A estimulação articular aferente contínua, pela degeneração articular e inflamação, resulta em facilitação destas rotas nociceptivas, aumentando a sensibilidade à dor na OA e contribuindo para sua progressão [11].

A degeneração da cartilagem articular em um modelo experimental de inibição da musculatura peri-articular já foi demonstrada anteriormente em modelo animal [12]. O modelo conceitual da patogênese da OA segue o princípio de que cartilagem, osso, músculos, ligamentos e outros tecidos articulares funcionam como um sistema biomecânico, que deve manter o movimento apropriado e prevenir cargas excessivas na articulação [13]. Indivíduos com OA têm uma propriocepção diminuída [14] e um senso de posição articular alterado [15], o que pode limitar a reação muscular adequada a instabilidades e forças externas. Sujeitos com OA também transferem a sobrecarga para o membro contralateral para reduzir o torque de extensão do joelho no membro afetado [16]. Mariet e colaboradores (2008) observaram uma

diminuição da co-ativação da musculatura antagonista flexora durante testes de extensão do joelho em dinamômetro isocinético [15], enquanto um aumento desta co-ativação foi observada durante a realização de atividades de vida diária [17]. Adicionalmente, em um estudo de nosso grupo de pesquisa foi verificado que os pacientes do grupo OA apresentaram menor capacidade de produção de torque isométrico e dinâmico, redução tanto da espessura quanto do comprimento dos fascículos, além de aumento no ângulo de penetração das fibras musculares [18]. Estas alterações nos parâmetros morfológicos e funcionais da musculatura peri-articular do joelho com OA, implicam em alterações na biomecânica articular e nas sobrecargas resultantes sobre as diferentes estruturas. Isso pode contribuir para a evolução da doença e, conseqüentemente, diminuir a mobilidade do idoso.

Está bem estabelecido que exercícios de fortalecimento muscular têm efeitos favoráveis sobre a dor e função do joelho sedentário com OA, mesmo não sendo possível identificar quais modalidades de exercício são mais adequadas para gerar tais efeitos [19]. Entretanto, se o déficit de ativação muscular estabelecido pelo processo de IM for grande o suficiente, de modo que não seja possível alcançar o limiar de estímulo necessário para hipertrofia, exercícios voluntários de fortalecimento não serão capazes de reverter o enfraquecimento muscular decorrente da OA [10].

A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma forma alternativa de tratamento que vem sendo proposta por diversos autores para o fortalecimento muscular [20, 21]. A grande vantagem da EEN é que ela ativa o músculo diretamente, não sofrendo influência da inibição muscular de origem central.

Portanto, a EEN pode ajudar a minimizar a atrofia muscular decorrente da OA [22].

O problema da EEN para o uso com a população de idosos com OA é a necessidade de engajamento dos idosos em programas de reabilitação em clínicas e hospitais, o que envolveria um custo elevado com sessões de fisioterapia, transporte até o local de tratamento, além das dificuldades associadas ao deslocamento desses pacientes que já apresentam limitações para locomoção em função da fraqueza muscular. Nesse sentido, um programa de EEN realizado no próprio domicílio do idoso reduziria os custos, eliminaria a necessidade de deslocamento diário a clínicas e hospitais e possibilitaria uma ação sobre os fatores de risco da OA como a fraqueza muscular por meio do fortalecimento muscular decorrente de um programa domiciliar de EEN.

Outro aspecto importante está relacionado à necessidade de um profissional da área da saúde para a realização da EEN, uma vez que os equipamentos utilizados para fortalecimento muscular exigem um conhecimento aprofundado sobre a eletroterapia para o seu manuseio. Em função disso, um estimulador elétrico portátil e amigável ao idoso que possa ser programado para todo o período de tratamento domiciliar sem a necessidade da presença do profissional da área da saúde no domicílio, e que permita a esse profissional acompanhar se o programa realmente foi levado a cabo pelo paciente seria uma ferramenta útil para o tratamento dessa crescente população.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de um estimulador elétrico artificial portátil amigável ao idoso e a eficácia de um programa de fortalecimento muscular de 12 semanas no próprio domicílio de

pacientes com diagnóstico clínico de OA de joelho. As principais medidas utilizadas para determinar a eficácia deste programa e do estimulador portátil foram as seguintes:

- 1) avaliação da IM;
- 2) avaliação das propriedades mecânicas do quadríceps;
- 3) avaliação da capacidade funcional;
- 4) avaliação do nível de atividade física e da qualidade de vida.

Assumindo que a EEN reduz a IM e auxilia no fortalecimento muscular do idoso com OA, este estudo propõe como hipótese que um programa de treinamento domiciliar com EEN de 12 semanas é capaz de: (1) minimizar os efeitos deletérios da doença sobre as propriedades mecânicas do músculo quadríceps; (2) aumentar a capacidade funcional e minimizar a dor do idoso; (3) Diminuir o grau de IM; e (4) um aumento do torque extensor de joelho no ângulo de treinamento e nas maiores velocidades de contração.

CAPÍTULO I

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Estimulação elétrica neuromuscular (EEN) e fortalecimento muscular

Uma das principais características dos indivíduos acometidos pela osteoartrite (OA) é a fraqueza muscular [7]. A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma forma alternativa de intervenção que vem sendo proposta para o fortalecimento muscular [20, 21]. Já havia sido demonstrado que adultos jovens obtêm melhoras importantes na força dos músculos extensores do joelho após cinco semanas de treinamento com EEN realizados diariamente [20]. Além disso, a efetividade da EEN foi ainda maior para as contrações dinâmicas em maiores velocidades, quando o joelho era treinado isometricamente em posições fletidas [23], embora isso não tenha sido observado anteriormente por outros autores que encontraram apenas um aumento da força isométrica [24]. Porém, em pessoas saudáveis, tem sido sugerido que a EEN não seria tão efetiva para o fortalecimento quanto o treinamento por meio de contrações voluntárias [25]. Já em indivíduos acima de 65 anos, observou-se que o fortalecimento por meio da EEN dependia diretamente do nível de atividade física antes do início da sua aplicação, havendo a necessidade do ajuste adequado da carga para gerar o estresse necessário e garantir os ganhos de força. A EEN quando realizada de forma progressiva passou então a ser indicada para a recuperação da força também em pessoas idosas [21].

Atualmente, evidências propõem que a EEN pode ser uma modalidade mais efetiva do que exercícios voluntários no fortalecimento da musculatura do

quadríceps, especialmente para aqueles indivíduos que sofreram hipotrofia muscular após um período de imobilização [22]. Como qualquer outra forma de tratamento, a intensidade da EEN deve ser estritamente dosada e aplicada em função do estado funcional inicial do paciente, sendo ajustada gradativamente às mudanças adaptativas musculares ocorridas no decorrer do programa de treinamento [26]. Indivíduos idosos acometidos pela OA de joelho apresentam uma perda mais severa dos níveis de força, e a EEN é uma modalidade indicada para o fortalecimento dessas pessoas que não conseguem atingir intensidades de exercício suficientes para gerar adaptação [27].

1.2. Mecanismos responsáveis pelas alterações na capacidade de produção de força por meio da EEN

Ainda não estão bem definidos os mecanismos responsáveis pelas alterações na capacidade de produção de força por efeito da EEN. Sabe-se que as alterações nos níveis de força ocorrem tanto em função de alterações neurais quanto musculares, e que a arquitetura muscular é um fator determinante de 50% da capacidade funcional dos músculos [28, 29]. Porém, não foram encontrados, até o presente momento, trabalhos que avaliaram os efeitos da EEN sobre estes parâmetros especificamente nos músculos extensores de joelho de idosos com OA. Contudo, Gondin *et al.* (2005) demonstraram que homens jovens saudáveis aumentam em 27% o torque de extensão de joelho após oito semanas de treinamento com EEN em função de adaptações musculares e neurais. Utilizando-se a técnica de interpolação de abalo, encontrou-se um aumento de 6% da ativação após o treinamento, indicando que a EEN aumenta a ativação em todo o músculo. Observou-se, também, aumento de 5 a 8% das áreas de secção transversa (AST) dos

músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e vasto intermédio (VI), sem alterações na AST do músculo reto femoral (RF), acompanhado de um aumento de 14% do ângulo de penação do VL. Curiosamente, o aumento da ativação dos músculos VL e VM, observado ao final da quarta semana, não foi acompanhado de alterações significativas dos parâmetros de arquitetura muscular, sugerindo que os fatores neurais são responsáveis pelos ganhos de força iniciais, enquanto as alterações musculares participariam do aumento na força posteriormente [30]. Os mesmos autores avaliaram ainda os efeitos do destreino após quatro semanas do término do treinamento com EEN. Demonstraram que uma diminuição da CVM foi acompanhada de uma queda tanto da ativação muscular, quanto de uma diminuição da AST. Também foi demonstrado que a AST foi responsável pelos valores mais altos da CVM após o destreino, quando comparados com níveis antes do início dos treinos, confirmando que mudanças no nível muscular ocorrem mais lentamente que alterações neurais [31].

Dentre os diversos fatores musculares responsáveis pela geração de força, foi observado que as propriedades intrínsecas das fibras musculares têm papel importante sobre a força específica (força produzida por unidade de AST) e sofrem alterações em função do treinamento voluntário [28, 29]. No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos da EEN sobre estas propriedades musculares, e é provável que seu padrão de recrutamento característico gere adaptações distintas das observadas por efeito de contrações voluntárias.

Em contrações geradas pela EEN, o recrutamento é não-seletivo e randômico, sendo que as unidades motoras não são recrutadas com uma ordem relacionada ao seu tipo (tipo I: fibras de contração lenta resistentes à

fadiga; tipo II: de contração rápida menos resistentes à fadiga). Isso implicaria na ativação conjunta de unidades motoras rápidas e lentas, mesmo em níveis baixos de carga elétrica [32]. Por esta razão, a EEN traria benefícios para pessoas com atrofia seletiva das fibras do tipo II (idosos e pacientes ortopédicos) ou até pessoas que não conseguem realizar contrações voluntárias com alta intensidade em função de lesão. Mesmo em baixas intensidades de contração, seria possível treinar ao menos parte das fibras rápidas, que voluntariamente são recrutadas apenas em contrações intensas [33].

Mesmo os idosos demonstraram ser capazes de modificar as características intrínsecas das suas fibras musculares por meio de contrações voluntárias [34]. Tanto fibras do tipo I quanto do tipo II hipertrofiaram, sugerindo-se uma diminuição na quantidade de isoformas híbridas de miosina. As isoformas híbridas são múltiplas formas da miosina que possuem diferenças na quantidade e tipo de cadeias pesadas de miosina (*Myosin Heavy Chain – MHC*) expressas em sua molécula: *MHC-I/IIa*, *I/IIa/IIx* e *IIa/IIx*, que combinadas determinam características específicas de contratilidade e resistência à fadiga das fibras musculares. No entanto, para uma mesma intensidade relativa de treinamento, em jovens há um maior aumento do percentual de fibras expressando puramente *MHC-IIa*, enquanto que em idosos, de fibras expressando puramente *MHC-I* [34]. Já com o treinamento por meio da EEN em adultos saudáveis, Maffiuletti *et al.* (2006) mostraram haver uma mudança na distribuição das quantidades de isoformas de *MHC* na direção *IIx* → *IIa*, sem mudanças na quantidade de *MHC-I*. Demonstraram também que mudanças na quantidade de *MHC-I* por meio da EEN em sistemas intactos ocorrem apenas

com a aplicação de baixas frequências de estimulação (15 Hz) durante várias horas ao dia, enquanto a quantidade de *MHC-IIx* diminui quaisquer que sejam os parâmetros de corrente utilizados [35].

Os autores atribuíram a mudança das isoformas de *MHC* no sentido *IIx* → *Ila* à solicitação contínua dessas fibras com o padrão de recrutamento imposto pela EEN. Contudo, também foi observada uma maior hipertrofia das fibras lentas, mostrando que adaptações em função da EEN não são limitadas às fibras rápidas. Por fim, o aumento da força específica observado neste estudo, indica que, de fato, a EEN é capaz de aumentar a força muscular em função de alterações nas propriedades intrínsecas do músculo [35]. Ainda que não se saibam quais seriam os efeitos da EEN no tipo de fibras de idosos, estas mudanças sugerem que a EEN é uma modalidade que apresenta vantagens para a reabilitação de indivíduos com atrofia dos músculos em decorrência da OA.

As contrações provocadas por EEN impõem um padrão randômico de recrutamento das unidades motoras que gera uma demanda metabólica exagerada sobre regiões superficiais dos músculos. Tal efeito está relacionado à ativação celular sincronizada e espacialmente fixa tanto de fibras rápidas quanto lentas. Quando se compararam exercícios voluntários com a EEN, Jubeau *et al.* (2008) observaram que, para uma mesma intensidade, a EEN gerou uma maior resposta de marcadores sanguíneos de dano muscular (aumento da liberação de hormônio de crescimento e atividade da creatina quinase), além de um aumento da concentração de lactato sanguíneo e da sensibilidade da musculatura, os quais estariam diretamente associados com o nível de lesão muscular gerado [36]. Contudo, outro estudo observou que após

a sessão inicial de EEN, adaptações protetoras foram geradas resultando em um menor grau de lesão muscular a partir da segunda sessão [37]. Muito provavelmente, no estudo de Jubeau *et al.* (2008), a EEN gerou uma sobrecarga excessiva em função do estado físico inicial dos indivíduos. Tal comportamento corrobora com o pressuposto de que as adaptações em função da EEN são dose-dependentes [26], havendo também a necessidade de aumento da sobrecarga ao longo do tratamento para gerar um nível mínimo de dano muscular, assim como no treinamento voluntário. Levando-se em conta esses achados, a aplicação da EEN sobre o ponto motor é vantajosa ao passo que estimula inclusive fibras mais profundas, quando em comparação com a estimulação elétrica aplicada diretamente sobre o músculo. A aplicação sobre o ponto motor permite um aumento da demanda metabólica também em regiões mais profundas, contribuindo para que o processo adaptativo em todo o músculo.

1.3. Fortalecimento por meio de EEN em indivíduos com osteoartrite de joelho

Para a elaboração desta revisão de literatura, foram encontrados poucos trabalhos que avaliaram o efeito da EEN sobre os níveis de força de indivíduos com OA (Quadro 1). Em um deles, Rosemffet *et al.* (2004) compararam os efeitos de um programa de EEN de oito semanas com os de exercícios voluntários, tanto combinados quanto não combinados com EEN. Foram avaliadas a força do quadríceps, a capacidade funcional e a dor, por meio de questionários específicos. Os autores concluíram que a EEN provou ser uma alternativa terapêutica útil para pacientes com OA do joelho, embora a

combinação de EEN com exercícios voluntários houvesse resultado em maiores ganhos de força muscular [38].

Durmuş e colaboradores (2007), em um estudo clínico randomizado, compararam os efeitos de exercícios isométricos assistidos por *biofeedback* com os da EEN sobre a força muscular do quadríceps, dor e capacidade funcional. Após um treinamento de quatro semanas, foi observado um aumento de aproximadamente 35 e 48% no desempenho em testes de uma repetição máxima e de 10 repetições máximas, respectivamente, acompanhados de melhoras em relação à dor, rigidez e capacidade funcional [39].

Quadro 1: Parâmetros de estimulação elétrica utilizada nos estudos encontrados.

	Tipo de corrente	Frequência	Comprimento do pulso	Tempo estimulação /repouso	Intensidade	Volume de treinamento	Ângulo do joelho
Talbot et al., 2003	Simétrica bifásica	50Hz	600µs	10s ON 50s OFF	10-20%/ 20-30%/ 30-40% da CVM	15 min/ 3 x por semana/ 12 semanas	?
Rosemfet et al., 2004	Monofásica	25Hz	200µs	5s ON 5s OFF	60 – 80 V	30 min/ 3 x por semana/ 8 semanas	?
Durmuş et al., 2006	Assimétrica bifásica	50Hz	400µs	10s ON 10s OFF	70–120 mA	20 min/ 5 x por semana/ 4 semanas	60°
Walls et al., 2010	Simétrica bifásica	50Hz	Mudou dinamicamente Entre 100-400µs	5s ON 10s OFF	Máx 70 mA	20 min/ 5 x por semana/ 6 semanas	60°

Hz: pulsos por segundo; µs: microssegundos; ON: tempo de estimulação; OFF: tempo de repouso; V: volt, unidade de tensão elétrica; mA: miliampere, intensidade de corrente elétrica; ° : graus, ângulo de treinamento do joelho.

Mais recentemente, Walls e colaboradores (2010) avaliaram o efeito de um programa pré-operatório de EEN que durou oito semanas. Os sujeitos aumentaram o torque de extensão de joelho em 28% e obtiveram melhoras no desempenho funcional ao final do protocolo. Doze semanas após a cirurgia de substituição de joelho, estes efeitos resultaram em uma recuperação acelerada da força e da função destes indivíduos [40].

Em um estudo realizado por Talbot *et al.* (2003) foram observados os efeitos de um programa domiciliar de EEN aplicado aos músculos extensores do joelho de idosos acometidos por OA. Após o treinamento de 12 semanas a uma intensidade média de 22% da contração voluntária máxima (CVM), foi observado um aumento de 9% no torque de extensão de joelho. Contudo, os níveis de força retornaram aos valores iniciais após 12 semanas de destreino. Mesmo assim, os autores sugerem que uma intensidade média mínima referente a 18% da CVM foi suficiente para a obtenção de ganhos de força nesses indivíduos. Concluem ainda que a EEN é uma intervenção promissora para manter ou aumentar a força muscular, promovendo maior velocidade de marcha e rapidez para levantar de cadeiras, sem grande manifestação dos sintomas da OA. A EEN seria indicada principalmente para pessoas acometidas pela doença que não toleram realizar exercícios voluntários [41].

1.4. Análise crítica da literatura

Embora avaliados de diferentes maneiras, os ganhos de força muscular e as melhoras na função por efeito da EEN em idosos com OA foram demonstradas por estes quatro estudos encontrados. Diferenças entre os ganhos de força apresentados pelos trabalhos podem ter ocorrido em função

da utilização de diferentes parâmetros de estimulação e intensidades utilizadas. Além disso, nenhum dos protocolos de treinamento apresentados especificam qual a frequência carreadora da corrente elétrica foi utilizada [38, 39, 40, 41], alguns não mostram a intensidade em forma de percentual da CVM gerada [38, 39, 40] ou tampouco descrevem o ângulo em que o joelho foi posicionado durante a EEN [38, 41]. Isto torna a comparação entre os estudos limitada e impossibilita a determinação dos parâmetros adequados para o fortalecimento muscular de indivíduos idosos acometidos por OA de joelho. Sobretudo, a EEN é uma forma alternativa de intervenção que traz benefícios para os idosos com OA e deve ser explorada em estudos futuros.

CAPÍTULO II

EFEITOS DE UM PROGRAMA DOMICILIAR DE 12 SEMANAS DE ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SOBRE A INIBIÇÃO MUSCULAR DE IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO

RESUMO

Pessoas com osteoartrite (OA) de joelho apresentam fraqueza muscular causada pela inibição muscular (IM). A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma alternativa para o fortalecimento muscular. O objetivo deste estudo foi de avaliar o efeito de um programa domiciliar de 12 semanas de EEN na IM de idosas com OA de joelho. **Materiais e Métodos:** Oito mulheres com $64,1 \pm 8$ anos foram submetidas a um programa domiciliar de 12 semanas de EEN. Para a avaliação da IM foi utilizada a técnica de interpolação de abalo antes e após o programa domiciliar de 12 semanas de treinamento. **Resultados:** Observou-se uma diminuição de 55,1% da IM após as 12 semanas de tratamento em comparação com o período pré-treinamento ($p=0,028$). **Conclusão:** No presente estudo, o programa domiciliar progressivo de 12 semanas de EEN reduziu a IM de idosas com OA de joelho. **Palavras-chave:** Osteoartrite de Joelho, Inibição Muscular, Estimulação Elétrica Neuromuscular.

2.1. INTRODUÇÃO

Atualmente estima-se que, no mundo, a osteoartrite (OA) de joelho é prevalente em pelo menos de 40% a 57% das mulheres nos seus 60 anos de idade e entre 74% a 84% das mulheres acima de 70 anos [1]. Esta se caracteriza principalmente pelo surgimento de fraqueza muscular [7]. A perda de força na musculatura periarticular, em joelhos acometidos por lesão, tem sido atribuída a uma incapacidade de ativação voluntária de parte das fibras que compõem esses músculos [8]. Esta incapacidade de ativação máxima, também chamada de inibição muscular (IM), já foi apontada anteriormente como fator precursor da OA, podendo inclusive ocorrer antes da manifestação da dor [9]. De fato, indivíduos com OA de joelho tem uma redução da ativação voluntária do quadríceps, quando comparados com sujeitos controle saudáveis [42]. O grau de redução na ativação voluntária parece estar diretamente relacionado com o grau da lesão nesses pacientes [10].

A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma forma alternativa de intervenção que vem sendo proposta por diversos autores para o fortalecimento muscular [20, 21]. A vantagem da EEN é que ela é aplicada sobre o ponto motor do músculo, de forma que a contração gerada não sofre influência da inibição muscular de origem central. Portanto, a EEN pode ajudar a minimizar a atrofia muscular decorrente da AO, reduzindo a fraqueza do músculo quadríceps [22]. Já foi observada a redução da IM em indivíduos que realizaram um programa de tratamento por meio de EEN combinada com exercícios resistidos após uma cirurgia de artroplastia total de joelho [43, 44],

embora o mesmo não tenha sido observado em idosas com OA de joelho que realizaram um tratamento de 16 semanas de EEN [45].

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de um programa domiciliar de fortalecimento por meio da EEN sobre o grau de IM de idosos com OA de joelho. Assumindo que a EEN reduz a IM e auxilia no fortalecimento muscular no idoso com OA, a hipótese era de que um programa de treinamento progressivo domiciliar com EEN de 12 semanas é capaz de reduzir consideravelmente o grau de IM nestes indivíduos.

2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1. Cálculo Amostral

O número amostral necessário para a realização do presente estudo foi calculado a partir do *software* G*Power (versão 3.1.3; Kiel, Alemanha), onde ao adotar-se um tamanho de efeito de 0,75, significância de 5% ($\alpha=0,05$) e poder estatístico de 80%, encontrou-se um “n” de 12 indivíduos. O cálculo foi feito levando-se em consideração o teste estatístico a ser utilizado, no caso, uma análise de variância para medidas repetidas.

2.2.2. Critérios de inclusão

Para serem incluídos no estudo, os sujeitos deveriam ter idade igual ou superior a 60 anos e apresentar o exame radiológico acompanhado de laudo clínico, com diagnóstico comprovando a existência de OA de joelho pelo menos em um dos membros inferiores.

2.2.3. Critérios de exclusão

Foram excluídos deste estudo sujeitos que apresentaram alguma doença cardiorrespiratória, neuromuscular ou metabólica que impedisse a participação no mesmo, bem como sujeitos que praticavam treinamento de força.

2.2.4. Perda amostral

Uma vez que é comum uma perda amostral entre 10 e 20% até o final de um estudo, o “n” adotado para o presente estudo foi acrescido para 15 indivíduos. Por esta razão, no momento em que houve a desistência de mais de 20% da amostra, outro sujeito foi imediatamente recrutado a fim de manter o poder estatístico de 80%. Outra medida que foi tomada no sentido de diminuir a ocorrência da perda amostral foi o acompanhamento prestado aos sujeitos ao longo do protocolo de treinamento. Independentemente do período necessário para treiná-los no uso dos estimuladores, visitas periódicas foram realizadas no período inicial de uso do equipamento a fim de garantir o uso correto do mesmo. Além disso, os sujeitos foram acompanhados à distância por meio de telefonemas semanais, a fim de mantê-los atentos a realização das sessões de EEN e para verificar eventuais dificuldades no uso dos aparelhos ou para que reportem possíveis defeitos apresentados pelo dispositivo.

2.2.5. Amostra

Ao início do estudo 15 sujeitos do sexo feminino foram recrutados e deram início às 12 semanas de treinamento domiciliar com EEN imediatamente

após a primeira bateria de avaliações. No decorrer do tratamento, entre a quarta e sexta semana, quatro sujeitos abandonaram o estudo: um por ter sofrido fratura tibial; um por sentir dores musculares desde a primeira avaliação e optou por abandonar o estudo; dois abandonaram o tratamento por motivos pessoais.

A fim de manter o “n” de 12 indivíduos calculado previamente ao início do estudo, foi recrutado um novo sujeito. Contudo, na 11ª semana de tratamento, outro sujeito se retirou do estudo por ordens médicas em função de uma piora do quadro inflamatório da lesão do joelho. Portanto, dos 16 indivíduos recrutados, apenas 11 aderiram ao estudo até a última etapa de testes.

Após a análise detalhada dos dados gravados nos estimuladores portáteis utilizados pelos sujeitos do estudo, observou-se que, destes 11 sujeitos, apenas oito (poder estatístico = 36%) levaram a cabo o tratamento domiciliar de 12 semanas. Optou-se então pela exclusão desses três sujeitos que não realizaram o tratamento, e, portanto, participaram efetivamente do estudo, oito sujeitos do sexo feminino com idade média de $64,1 \pm 8$ anos (massa = $79 \pm 16,2$ kg e estatura = $1,6 \pm 0,07$ m), que apresentaram diagnóstico clínico de OA de joelho graus 2 e 3 baseados nos critérios de Kellgreen & Lawrence [46]. Estes foram submetidos a 12 semanas de treinamento progressivo por meio de EEN realizados em domicílio. Os indivíduos participantes receberam um termo de consentimento informado explicando sobre os riscos e benefícios da participação no estudo, bem como os protocolos aos quais seriam submetidos. O presente estudo foi aprovado junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS e está metodologicamente adequado em relação à resolução 196/96

do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (pareceres nos. 2007830 e 2007791).

2.2.6. Protocolo de treinamento por meio da EEN

O estudo consistiu de um total de 12 semanas entre o início e o término do mesmo. Durante esse período foram realizadas duas avaliações dos sujeitos: pré-intervenção e pós-intervenção. Os sujeitos do estudo receberam temporariamente um estimulador elétrico portátil desenvolvido por Vaz e colaboradores (em fase de patenteamento – Figura 1) que permite a definição de um protocolo de 12 semanas de EEN.

Os voluntários foram submetidos a 12 semanas de intervenção domiciliar, nas quais foram acompanhados a distância (por meio de telefonemas) pelos pesquisadores do presente estudo. Na semana inicial os indivíduos foram treinados na utilização do aparelho, que é de fácil manuseio, e orientados a posicionar corretamente os eletrodos de EEN nos extensores do joelho. Para facilitar a fixação por parte dos participantes, foram utilizados eletrodos autoadesivos de malha de aço inoxidável com gel condutivo da marca *PALS* (modelo 895250; dimensões 5x13cm). Os sujeitos foram orientados a posicionar um dos eletrodos sobre o ponto motor e o outro sobre a extremidade distal do músculo quadríceps (cinco centímetros acima da borda superior da patela).



Figura 1. Estimulador elétrico amigável ao idoso construído especialmente para uso domiciliar no tratamento da inibição muscular e fortalecimento dos extensores do joelho. Funciona por meio de três botões (liga/desliga; início/pausa; e intensidade) pelos quais o idoso aciona a seção de tratamento com apenas três comandos. Ao final da seção, o aparelho grava o registro antes de desligar automaticamente. O sistema ainda acompanha um par de eletrodos autoadesivos, um carregador de dupla voltagem e uma faixa especial para fixação do tornozelo.

Para a determinação do ponto motor foi utilizado um estimulador elétrico em forma de caneta (EGF Carci, São Paulo, Brasil) com uma corrente de intensidade e frequência suficientes para produzir uma contração visível ao avaliador. As distâncias dos locais de posicionamento dos eletrodos em relação à borda superior da patela foram marcadas em uma régua, a qual foi entregue aos participantes do estudo para auxiliá-los no posicionamento dos mesmos em seu próprio domicílio.

Quadro 2: Protocolo de EEN domiciliar do músculo quadríceps. Observe o aumento do volume de estímulo para fortalecimento muscular.

Semana de Treinamento	Dias /Semana	Séries diárias	Tempo de duração (min)	Tempo de ativação /repouso (s)	Volume (s)
1^a	3	2	18	10/50	180
2^a	3	2	20	10/50	200
3^a	3	2	22	10/50	220
4^a	3	2	24	10/40	290
5^a	3	2	26	10/40	320
6^a	3	2	28	10/40	340
7^a	3	2	30	10/30	450
8^a	3	2	32	10/30	480
9^a	3	2	34	10/30	510
10^a	3	2	36	10/20	720
11^a	3	2	38	10/20	760
12^a	3	2	40	10/20	800

O aparelho foi então pré-programado pelos pesquisadores para a realização do programa de 12 semanas de EEN. O Aparelho emitiu uma corrente simétrica bifásica com frequência de 80 Hz e largura de pulso de 400 μ s, que foi aplicada na forma de trens de pulso de 10 s de duração. Para evitar os efeitos da fadiga, foi determinado um intervalo de 50 s entre as contrações ao início do tratamento. Para a progressão adequada da sobrecarga gerada pelo estímulo elétrico ao longo do tratamento, o tempo de sessão foi acrescido em dois minutos a cada semana automaticamente, enquanto o tempo de intervalo entre os trens de pulso foi reduzido em 10 s a cada três semanas (Quadro 2). Foram realizadas duas sessões em cada dia de tratamento (uma pela manhã e outra pela noite), com uma frequência semanal de três vezes por semana. As participantes foram orientadas a realizar todas as sessões na posição sentada, com o joelho fletido em 90° e tornozelo fixado ao pé de uma cadeira por uma faixa especial (Figura 2), de modo que não houvesse

movimentos em função das contrações geradas pelo estímulo elétrico. No caso de não possuírem em seu domicílio uma cadeira de altura apropriada, o pé dos sujeitos foi apoiado a uma almofada a fim de manter o joelho em 90° de flexão. A intensidade de estimulação foi sempre a máxima tolerada pelos participantes.



Figura 2. Posicionamento dos eletrodos e fixação do joelho em 90° por meio da faixa especial.

O aparelho armazenou um registro identificado pela data, contendo as intensidades de estímulo utilizadas e o tempo total de estímulo efetivo aplicado em cada sessão. Ao final do tratamento, os dados armazenados foram então transferidos para um computador para análise em um programa desenvolvido juntamente com os estimuladores a fim de verificar o nível de tolerância à EEN dos sujeitos do estudo tanto ao longo de uma sessão quanto ao longo do programa de treinamento.

2.2.7. Avaliação da Inibição Muscular

Os indivíduos foram posicionados sentados no sistema de dinamometria isocinética *Biodex System 3 Pro* (Biodex Medical System, Shirley – NY, USA) onde os sujeitos foram posicionados sentados com a articulação do quadril posicionada em um ângulo de 85° (0° = posição supina) e joelho em 90° de flexão (0° = joelho estendido). A perna do lado afetado foi fixada por meio de faixas fixadoras ao braço mecânico do dinamômetro, três centímetros acima do maléolo medial. O côndilo lateral do fêmur representou o centro de rotação da articulação do joelho e foi visualmente alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro. Cintas acolchoadas fixaram os indivíduos na cadeira na região dos quadris, ombros e coxa do membro avaliado, a fim de evitar quaisquer movimentos indesejados durante o teste [47]. Sempre às vésperas dos dias de avaliação, tanto pré quanto pós-treinamento, os sujeitos participantes realizaram um protocolo de familiarização que consistiu na realização de uma CVMI de extensão de joelho no ângulo de 90° de flexão. Neste procedimento, deveriam produzir torque de forma gradativa e linear até o máximo (dentro de aproximadamente três segundos) e sustentá-lo durante aproximadamente três segundos. Tal procedimento foi realizado a fim de garantir ao avaliador a aplicação do duplo-abalo exatamente sobre o torque máximo produzido nos testes de IM.

Para a avaliação da inibição muscular foi utilizado um estimulador elétrico do tipo Grass (S88, Quincy, MA, EUA) com uma unidade de paciente para uso com seres humanos (SIU8T). Dois eletrodos de borracha foram posicionados (1) proximalmente sobre a pele que recobre o ponto de passagem do nervo femoral (imediatamente distal ao canal inguinal) e (2) sobre a pele que recobre

a extremidade distal do músculo quadríceps. Estimulação elétrica percutânea do nervo femoral foi aplicada com pulsos retangulares monofásicos singulares com uma voltagem constante e duração de pulso de 0,5 ms. Antes dos testes, pulsos elétricos de voltagem crescente, iniciando em 5 V até um máximo de 240 V foram aplicados ao nervo femoral a fim de garantir completa estimulação do nervo femoral e familiarizar os sujeitos com o procedimento de estimulação [48, 49, 50].

Após um breve aquecimento que consistiu em 10 contrações submáximas concêntricas de extensores e flexores a 90°/s, o torque de repouso (TR) gerado por um duplo-abalo foi determinado pela média de três estímulos subsequentes. O torque de abalo interpolado (TAI) foi determinado ao sobrepor-se um abalo durante uma CVMI (Figura 3). A inibição muscular durante contração voluntária máxima foi calculada como $(TAI/TR) \times 100\%$ [48]. Os cálculos foram feitos por meio de uma rotina matemática específica desenvolvida no *software* MATLAB (version 7.3.0.267, MathWorks, Inc., Natick, MA).

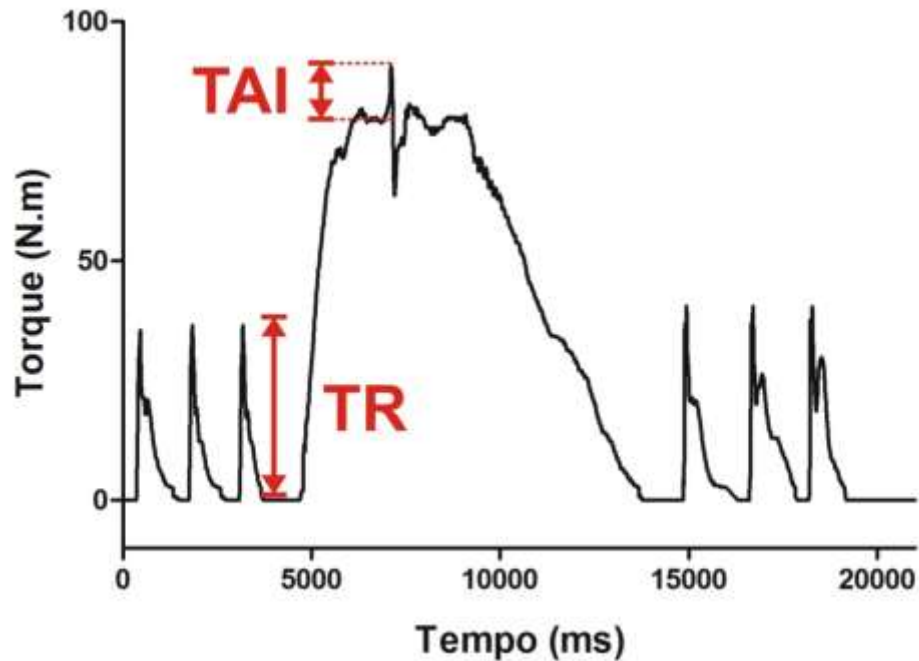


Figura 3. Torque de repouso (TR) gerado por um duplo-abalo; torque de abalo interpolado (TAI).

2.2.8. Análise estatística

Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Para a comparação entre o momento pré e pós-treinamento, utilizou-se uma análise de variância para medidas repetidas. Os cálculos foram realizados no *software* SPSS (versão 18.0) com um nível de significância de 5% ($\alpha \leq 0,05$).

2.3. RESULTADOS

Após a análise dos dados de registro das seções realizadas pelos sujeitos do presente estudo, extraídos dos estimuladores utilizados, verificou-se que apenas oito levaram a cabo o tratamento ao longo das 12 semanas de

tratamento (intensidade média utilizada = 67,4 mA; tempo de estímulo total = 2950,6 min). Para estas foi observada uma redução média de 55,1% do grau de IM após o treinamento por meio de EEN ($p = 0,028$; poder observado = 0,661; Figura 4).

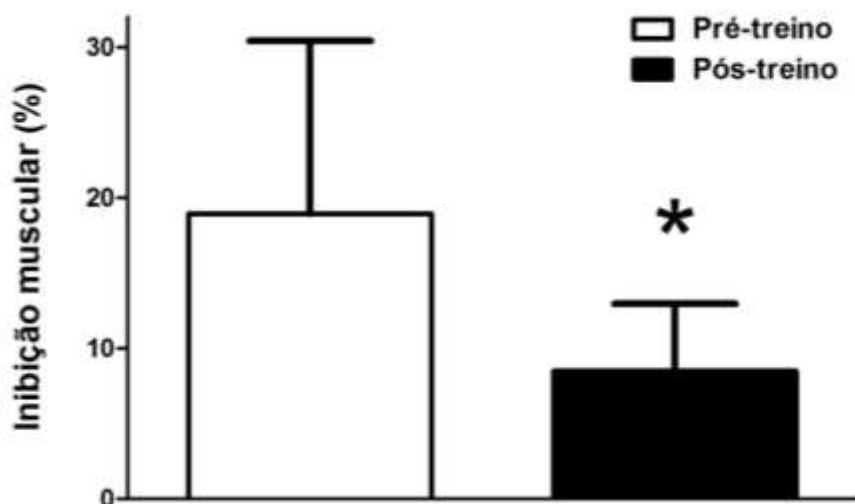


Figura 4. Média e desvio padrão do grau de IM antes e após o programa de 12 semanas de EEN realizadas em domicílio (*: $p=0,028$; poder observado = 0,661).

2.4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de um programa domiciliar progressivo de 12 semanas de EEN sobre a IM de idosas com OA de joelho. No único estudo encontrado que avaliou os efeitos de um treinamento por meio de EEN sobre grau de IM em idosas com OA de joelho, não foi observada nenhuma alteração nos parâmetros avaliados mesmo após 16 semanas de treinamento [45].

Dentre os trabalhos encontrados que avaliaram os efeitos da EEN sobre a IM em outras populações, apenas dois utilizaram uma metodologia semelhante à do presente estudo. Ambos os trabalhos avaliaram os efeitos de um programa de EEN combinado com exercícios resistidos sobre o grau de IM de sujeitos que foram submetidos a uma cirurgia de artroplastia total de joelho [43, 44]. No estudo realizado por Stevens e colaboradores (2004) foi observada uma redução de 24% da IM após 12 semanas de EEN combinada com exercícios voluntários [43]. No estudo de caso realizado por Petterson e Snyder-Mackler (2006), observou-se uma diminuição de 29% do grau de IM após 12 semanas de tratamento [44]. No presente estudo, onde não foram realizados exercícios voluntários, observou-se uma redução de 55,1% do grau de IM de idosas com OA de joelho que foram submetidas a um programa domiciliar progressivo de fortalecimento por meio de EEN.

Recentemente, uma meta-análise realizada por Pietrosimone e colaboradores (2011) avaliaram sistematicamente a literatura em que se analisou a ativação voluntária máxima de indivíduos com OA de joelho por meio da técnica de interpolação de abalo, e encontraram um grau médio de IM de 17,8% (de 16,7% a 18,6%) para membros acometidos, enquanto sujeitos-controle saudáveis apresentaram graus de IM de 10% (11,1% a 8,3%) em média [42]. A hipótese do presente estudo foi confirmada ao passo que a média do grau de IM reduziu de 18,9% para 8,4%, demonstrando que por meio do treinamento progressivo de 12 semanas com EEN foi possível diminuir o grau de IM até níveis considerados saudáveis.

Já havia sido demonstrado que tanto adultos jovens [20] quanto idosos [21] obtêm melhoras importantes na força dos músculos extensores do joelho

após poucas semanas de treinamento com EEN. Em indivíduos acima de 65 anos, observou-se também que o fortalecimento por meio da EEN dependia diretamente do nível de atividade física prévia ao início da sua aplicação [21] e, como qualquer outra forma de treinamento, da progressão da sobrecarga gerada pela EEN [26]. Portanto, para que ocorra efetivamente o processo adaptativo à sobrecarga gerada pela EEN, sua aplicação deve ser estritamente dosada em função do estado funcional inicial do paciente, sendo ajustada gradativamente às mudanças adaptativas musculares ocorridas no decorrer do programa de treinamento. No presente estudo, a programação prévia da progressão do tratamento garantiu o aumento gradativo da sobrecarga ao longo das 12 semanas, possibilitando a realização do tratamento de forma autônoma pelas idosas com OA. A possibilidade de realizarem o tratamento em suas casas sem a necessidade de acompanhamento constante do profissional da saúde parece bastante vantajosa, especialmente no caso de pessoas que já têm dificuldades na locomoção devido ao processo degenerativo na articulação do joelho.

O grau de IM parece estar diretamente relacionado com o grau da lesão em indivíduos com OA [10]. A IM é causada por uma alteração na descarga dos receptores sensoriais em torno da articulação lesionada. A estimulação articular aferente contínua, pela degeneração articular e inflamação, resulta em facilitação destas rotas nociceptivas, aumentando a sensibilidade à dor e contribuindo para a progressão da lesão [11]. A vantagem na utilização da EEN no tratamento da OA é que as contrações geradas não sofrem influência deste processo inibitório, pois estimulam diretamente o músculo.

Evidências propõem que a EEN pode ser uma modalidade mais efetiva do que exercícios voluntários no fortalecimento da musculatura do quadríceps, especialmente para aqueles indivíduos que sofreram atrofia muscular após um período de imobilização [22]. Indivíduos idosos acometidos pela OA de joelho apresentam uma perda mais severa dos níveis de força em decorrência da IM, e a EEN é uma modalidade indicada para o fortalecimento dessas pessoas que não conseguem atingir intensidades mínimas de exercício para gerar um aumento da força [27]. Por sua vez, o fortalecimento da musculatura periarticular pode melhorar a biomecânica articular e, conseqüentemente, retardar o processo degenerativo da OA. Mais especificamente, um aumento na capacidade de ativar os músculos extensores do joelho por meio de EEN pode ajudar a reduzir o impacto das forças de reação do solo sobre os tecidos periarticulares do joelho, reduzindo, dessa forma a progressão do processo degenerativo, e melhorando a qualidade de vida desses pacientes.

2.5. CONCLUSÃO

Idosas com OA de joelho diminuíram o grau de IM após 12 semanas de tratamento progressivo com EEN realizado em domicílio.

CAPÍTULO III

EFEITOS DE UM PROGRAMA DOMICILIAR DE 12 SEMANAS DE ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SOBRE A PRODUÇÃO DE TORQUE, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA DE IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO

RESUMO

A maior característica de pessoas com osteoartrite (OA) de joelho é a fraqueza muscular. A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma forma alternativa de tratamento. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de um programa domiciliar de 12 semanas de EEN sobre a capacidade de produção de torque, capacidade funcional, nível de atividade física e qualidade de vida de idosas com OA de joelho. **Materiais e Métodos:** Oito mulheres com $64,1 \pm 8$ anos foram submetidas a um programa domiciliar de 12 semanas de EEN. Avaliou-se o torque isométrico e dinâmico por meio de dianamometria isocinética. Para avaliar a capacidade funcional aplicou-se o teste Time Up-and-Go. A qualidade de vida e o nível de atividade física foram avaliados por meio dos questionários WOMAC e IPAQ, respectivamente. **Resultados:** Não foram observadas mudanças nos valores de torque isométrico nos ângulos avaliados ($p=0,857$) e tampouco nos torque dinâmicos nas diferentes velocidades angulares ($p=0,857$). Observou-se uma melhora na capacidade funcional ($p=0,008$) enquanto não houve diferença no nível de atividade física ($p=0,871$). Não houve alterações nos domínios dor ($p=0,117$) e rigidez ($p=0,190$) enquanto

houve melhora na incapacidade física ($p=0,049$) avaliadas no questionário. Conclusão: Embora não tenham sido observadas alterações na produção de torque, houve melhora na capacidade física e na incapacidade para realizar atividades de vida diárias após o treinamento com EEN em idosas com OA de joelho. Palavras-chave: Osteoartrite de Joelho, Torque e Estimulação Elétrica Neuromuscular.

3.1. INTRODUÇÃO

A osteoartrite (OA) de joelho é prevalente em pelo menos de 40% a 57% das mulheres nos seus 60 anos de idade e entre 74% a 84% das mulheres acima de 70 anos [1]. A fraqueza muscular é uma das principais características dos indivíduos acometidos pela OA [7]. Resultados preliminares de um estudo realizado por nosso grupo de pesquisa acerca dos efeitos da OA nas propriedades mecânicas dos músculos de idosos sintomáticos e assintomáticos revelaram que pacientes com OA apresentam menor capacidade de produção de torque isométrico e dinâmico quando comparados a idosos assintomáticos para OA [51]. Estas alterações nos parâmetros funcionais da musculatura periarticular do joelho com OA, que são responsáveis pela estabilidade articular e absorção de impactos, representam um fator agravante à degeneração articular.

A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) é uma forma alternativa de tratamento que vem sendo proposta por diversos autores para o fortalecimento muscular [20, 21] e pode ajudar a minimizar a atrofia muscular decorrente da

OA reduzindo a fraqueza do quadríceps [22]. Alguns estudos já demonstraram que a EEN aumenta a capacidade de produção de torque dos músculos extensores de joelho e a qualidade de vida de idosos com OA de joelho [38, 39, 40, 41].

Os objetivos desse estudo foram avaliar os efeitos de um programa de fortalecimento muscular de 12 semanas realizado no próprio domicílio de pacientes com diagnóstico clínico de OA de joelho sobre: (1) capacidade de gerar torque; (2) capacidade funcional; e (3) melhora da qualidade de vida. As hipóteses deste estudo eram de que o programa de fortalecimento por meio de EEN seria capaz de: (1) gerar um aumento na capacidade de produção de torque tanto isométrico, no ângulo de treinamento, quanto dinâmico nas maiores velocidades de contração; (2) gerar melhora na capacidade funcional; e (3) melhorar a qualidade de vida.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. Amostra

Ao início do estudo 15 sujeitos do sexo feminino foram recrutados e deram início às 12 semanas de treinamento domiciliar com EEN imediatamente após a primeira bateria de avaliações. No decorrer do tratamento, entre a quarta e sexta semana, quatro sujeitos abandonaram o estudo: um por ter sofrido fratura tibial; um por sentir dores musculares desde a primeira avaliação e optou por abandonar o estudo; dois abandonaram o tratamento por motivos pessoais.

A fim de manter o “n” de 12 indivíduos calculado previamente ao início do estudo, foi recrutado um novo sujeito. Contudo, na 11ª semana de tratamento, outro sujeito se retirou do estudo por ordens médicas em função de uma piora do quadro inflamatório da lesão do joelho. Portanto, dos 16 indivíduos recrutados, apenas 11 aderiram ao estudo até a última etapa de testes.

Após a análise detalhada dos dados gravados nos estimuladores portáteis utilizados pelos sujeitos do estudo, observou-se que, destes 11 sujeitos, apenas oito (poder estatístico = 36%) levaram a cabo o tratamento domiciliar de 12 semanas. Optou-se então pela exclusão desses três sujeitos que não realizaram o tratamento, e, portanto, participaram efetivamente do estudo, oito sujeitos do sexo feminino com idade média de $64,1 \pm 8$ anos (massa = $79 \pm 16,2$ kg e estatura = $1,6 \pm 0,07$ m), que apresentaram diagnóstico clínico de OA de joelho graus 2 e 3 baseados nos critérios de Kellgreen & Lawrence [46]. Estes foram submetidos a 12 semanas de treinamento progressivo por meio de EEN realizados em domicílio. Os indivíduos participantes receberam um termo de consentimento informado explicando sobre os riscos e benefícios da participação no estudo, bem como os protocolos aos quais seriam submetidos. O presente estudo foi aprovado junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS e está metodologicamente adequado em relação à resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (pareceres nos. 2007830 e 2007791).

3.2.2. *Protocolo de treinamento por meio da EEN*

O estudo consistiu de um total de 12 semanas entre o início e o término do mesmo. Durante esse período foram realizadas duas avaliações dos sujeitos: pré-intervenção e pós-intervenção. Os sujeitos do estudo receberam temporariamente um estimulador elétrico portátil desenvolvido por Vaz e colaboradores (em fase de patenteamento – Figura 1) que permite a definição de um protocolo de 12 semanas de EEN.

Os voluntários foram submetidos a 12 semanas de intervenção domiciliar, nas quais foram acompanhados a distância (por meio de telefonemas) pelos pesquisadores do presente estudo. Na semana inicial os indivíduos foram treinados na utilização do aparelho, que é de fácil manuseio, e orientados a posicionar corretamente os eletrodos de EEN nos extensores do joelho. Para facilitar a fixação por parte dos participantes, foram utilizados eletrodos autoadesivos de malha de aço inoxidável com gel condutivo da marca *PALS* (modelo 895250; dimensões 5x13cm). Os sujeitos foram orientados a posicionar um dos eletrodos sobre o ponto motor e o outro sobre a extremidade distal do músculo quadríceps (cinco centímetros acima da borda superior da patela).

Para a determinação do ponto motor foi utilizado um estimulador elétrico em forma de caneta (EGF Carci, São Paulo, Brasil) com uma corrente de intensidade e frequência suficientes para produzir uma contração visível ao avaliador. As distâncias dos locais de posicionamento dos eletrodos em relação à borda superior da patela foram marcadas em uma régua, a qual foi entregue aos participantes do estudo para auxiliá-los no posicionamento dos mesmos em seu próprio domicílio.

O aparelho foi então pré-programado pelos pesquisadores para a realização do programa de 12 semanas de EEN. O Aparelho emitiu uma corrente simétrica bifásica com frequência de 80 Hz e largura de pulso de 400 μ s, que foi aplicada na forma de trens de pulso de 10 s de duração. Para evitar os efeitos da fadiga, foi determinado um intervalo de 50 s entre as contrações ao início do tratamento. Para a progressão adequada da sobrecarga gerada pelo estímulo elétrico ao longo do tratamento, o tempo de sessão foi acrescido em dois minutos a cada semana automaticamente, enquanto o tempo de intervalo entre os trens de pulso foi reduzido em 10 s a cada três semanas (Quadro 2). Foram realizadas duas sessões em cada dia de tratamento (uma pela manhã e outra pela noite), com uma frequência semanal de três vezes por semana. As participantes foram orientadas a realizar todas as sessões na posição sentada, com o joelho fletido em 90° e tornozelo fixado ao pé de uma cadeira por uma faixa especial (Figura 2), de modo que não houvesse movimentos em função das contrações geradas pelo estímulo elétrico. A intensidade de estimulação foi sempre a máxima tolerada pelos participantes.

O aparelho armazenou um registro identificado pela data, contendo as intensidades de estímulo utilizadas e o tempo total de estímulo efetivo aplicado em cada sessão. Ao final do tratamento, os dados armazenados foram então transferidos para um computador para análise em um programa desenvolvido juntamente com os estimuladores a fim de verificar o nível de tolerância à EEN dos sujeitos do estudo tanto ao longo de uma sessão quanto ao longo do programa de treinamento.

3.2.3. Avaliação do torque produzido pelo estimulador elétrico portátil

Para avaliar a quantidade de torque gerado em decorrência da corrente emitida pelo estimulador, os sujeitos participantes foram testados no dinamômetro isocinético *Biodex System 3 Pro* (Biodex Medical System, Shirley – NY, USA) com o quadril em 85° e joelho em 90° de flexão. Os dois eletrodos de estimulação elétrica (*PALS*, modelo 895250; dimensões 5x13cm) foram então posicionados a uma distância de 5 cm da patela e sobre o ponto motor do músculo quadríceps, assim como no treinamento realizado em domicílio. Os sujeitos então acionaram o estimulador, ajustaram a intensidade de corrente ao máximo tolerável e iniciaram uma sessão de treinamento da mesma forma que realizaram em domicílio. Os sujeitos foram orientados a manter a musculatura do quadríceps relaxada durante a estimulação, de maneira que o torque de extensão de joelho produzido ocorreu unicamente em função do estímulo elétrico. O torque produzido pelo estimulador durante um trem de pulsos de 10 s foi registrado pelo sistema de aquisição de dados e o sinal em milivolts foi posteriormente filtrado por meio de um filtro Butterworth de 3ª ordem, com uma frequência de corte de 10 Hz. O torque foi medido por meio do cálculo do valor RMS referente à região linear da curva de torque onde houve sustentação do mesmo gerado pelo estimulador elétrico portátil. O valor RMS obtido foi então multiplicado pelo coeficiente de calibração do sistema de aquisição, a fim de transformar os valores de milivolts para newtons-metro. As análises foram realizadas por meio do programa de medições mecânicas SAD 2 (versão 32 bits, 2.61; Escola de Engenharia – UFRGS – Porto Alegre, Brasil).

3.2.4. Avaliação das propriedades mecânicas do quadríceps

Os torques isométricos máximos de extensão de joelho foram acessados por meio do sistema de dinamometria *Biodex System 3 Pro* (Biodex Medical System, Shirley – NY, USA). Os sujeitos foram posicionados sentados com a articulação do quadril posicionada em um ângulo de 85° (0° = posição supina). O braço do dinamômetro foi fixado à perna afetada, três centímetros acima do maléolo medial por faixas fixadoras. O côndilo lateral do fêmur representou o centro de rotação da articulação do joelho e foi visualmente alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro. Cintas acolchoadas fixaram os indivíduos na cadeira na região dos quadris, ombros e coxa do membro avaliado, a fim de evitar quaisquer movimentos indesejados durante o teste [47].

No dia prévio ao dia dos testes os sujeitos realizaram um protocolo de familiarização, onde foram posicionados no dinamômetro isocinético *Biodex System 3 Pro* (Biodex Medical System, Shirley – NY, USA). Primeiramente realizaram um breve aquecimento que consistiu de uma série de dez contrações voluntárias máximas dinâmicas (CVMDs) concêntricas de extensores e flexores com velocidade de 90°/s. Em seguida, realizaram contrações voluntárias máximas isométricas (CVMI) nos ângulos de 60° e 90° (extensão completa do joelho = 0°) de flexão do joelho (cinco segundos de duração cada) seguidas de séries únicas de cinco CVMDs concêntricas de extensores, nas velocidades de 60°/s e 240°/s.

No dia de testes, ao serem posicionados na cadeira, os sujeitos realizaram um breve aquecimento que consistiu de 10 contrações dinâmicas concêntricas de extensores e flexores na velocidade angular de 90°/s. Em seguida executaram uma contração voluntária máxima isométrica (CVMI) dos

músculos extensores do joelho, em cada um dos quatro ângulos articulares escolhidos: 60°, 75°, 90° e 105° (extensão completa do joelho = 0°), mantendo as contrações por um período de cinco segundos cada. Duas CVMI adicionais foram realizadas no ângulo de 60°, a fim de garantir a determinação da produção máxima de torque. Os sujeitos foram instruídos a realizar as contrações sem qualquer *feedback* visual, aumentando o esforço o mais rápido possível, até alcançarem a produção de torque máximo, o qual foi mantido até o comando verbal para cessar a contração. Todas as contrações foram realizadas em ordem aleatória a fim de se evitar um possível efeito de fadiga associada ao teste sobre os valores de torque e para evitar que os sujeitos identifiquem o nível de dificuldade de cada contração. Para verificar a presença da fadiga, o primeiro ângulo avaliado foi repetido ao final da etapa de testes.

Para a avaliação do torque dinâmico, contrações concêntricas dos músculos extensores do joelho foram executadas em quatro velocidades angulares isocinéticas distintas. Três contrações voluntárias máximas dinâmicas (CVMDs) foram executadas na velocidade angular de 60°/s e cinco nas velocidades 120°/s, 180°/s e 240°/s [52]. A ordem de execução foi determinada aleatoriamente com um intervalo de dois minutos entre cada velocidade angular para evitar possíveis efeitos de fadiga. Ao final do teste, a primeira velocidade avaliada foi novamente executada para verificar a presença de fadiga [53, 54]. Estímulo verbal foi fornecido durante todas as contrações executadas.

3.2.5. *Análise das propriedades mecânicas do quadríceps*

A relação torque-ângulo foi determinada a partir do torque máximo absoluto atingido em cada um dos ângulos testados para a extensão do joelho. Para cada ângulo foram calculadas as médias e os desvios padrão do torque absoluto de todo o grupo experimental. Para avaliar a relação torque-velocidade, dentre as três curvas obtidas nas contrações isocinéticas concêntricas executadas, foi utilizado para análise somente o maior pico de torque atingido durante as contrações. Com os valores de pico de torque obtidos para cada sujeito foram calculadas as médias e os desvios padrão para cada uma das velocidades angulares [53, 54]. Todos os dados de torque isométrico e dinâmico foram normalizados pela média da CVMI, a fim de possibilitar a comparação adequada entre os sujeitos.

3.2.6. *Avaliação da capacidade funcional*

Para a avaliação da capacidade funcional foi aplicado o teste *Time Up-and-Go* [55]. O teste foi realizado utilizando-se uma cadeira com apoio para braços e um cone a uma distância de três metros da cadeira. Os sujeitos iniciaram o teste em posição sentada com o tronco em postura ereta, mãos sobre as coxas e pés apoiados no chão. Ao sinal do cronometrista, os sujeitos levantaram da cadeira, caminharam até o cone contornando-o e retornaram à cadeira o mais rápido possível. O tempo foi medido do instante em que os sujeitos retiravam o quadril do assento até o momento que seu quadril tocava novamente o mesmo. A alteração da habilidade funcional dos idosos participantes no presente estudo foi avaliada pela comparação do tempo necessário para a realização do teste antes e após o treinamento com EEN. O

tempo foi medido por meio de um cronometro digital operado manualmente por um cronometrista experiente.

3.2.7. Avaliação da qualidade de vida

Para a avaliação da qualidade de vida os sujeitos responderam ao questionário *Western Ontario and McMaster Universities – WOMAC* [56], que é um instrumento específico para avaliação de qualidade de vida em pacientes com OA (ANEXO 3). Este questionário é composto por três domínios, que são: (1) dor, (2) rigidez articular e (3) capacidade física. O domínio dor apresenta cinco questões, o domínio rigidez articular apresenta duas questões e o domínio capacidade física apresenta dezessete questões. As respostas variam de nenhuma a extrema sintomatologia (nenhuma = 0 pontos; suave = 1 ponto; moderada = 2 pontos; severa = 3 pontos e extrema = 4 pontos). Os resultados para cada domínio foram obtidos por meio da soma dos pontos de cada questão, divididos pelo número de questões.

3.2.8. Avaliação do nível de atividade física

A fim de identificar possíveis alterações no nível de atividade física dos participantes ao longo do período de tratamento, os sujeitos responderam ao Questionário Internacional de Atividade Física (*IPAQ*) em sua versão curta (ANEXO 2). Este questionário tem por finalidade categorizar os indivíduos em três níveis de atividade física, de acordo com estimativa dos equivalentes metabólicos (METs) obtidos. O escore contínuo expresso por MET minutos por semana foi obtido a partir do cálculo dos níveis de METs realizados a cada minuto de atividade diária, preconizando os seguintes valores: (1) caminhada =

3,3 METs; (2) atividades de intensidade moderada = 4,0 METs e (3) atividades de intensidade vigorosa = 8,0 METs. Por meio do escore atingido os sujeitos foram categorizados em três níveis de atividade física, de acordo com estimativa de METs realizados por cada sujeito semanalmente, como segue: (1) nível baixo de atividade física: nenhuma atividade relatada, ou alguma atividade relatada, insuficiente para alcançar categorias 2 ou 3; (2) nível moderado de atividade física (um dos três critérios a seguir): três ou mais dias de atividade vigorosa, pelo menos 20 min por dia; cinco ou mais dias de atividade moderada e/ou caminhada pelo menos de 30 min ou; cinco ou mais dias de qualquer combinação de caminhada e atividades de intensidade moderada ou vigorosa atingindo um mínimo de 600 METs-min por semana; (3) nível alto de atividade física (qualquer um dos critérios a seguir): atividade vigorosa em pelo menos três dias acumulando no mínimo 1500 METs-min por semana; qualquer combinação de caminhada, atividade moderada ou atividade intensa realizadas diariamente, acumulando um mínimo de 3000 METs-min por semana.

3.2.9. Análise estatística

Para a verificação da normalidade dos dados utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk, seguido da aplicação do teste de Levene para verificar sua esfericidade. A comparação entre os momentos pré e pós-treinamento para as variáveis (1) torque isométrico e (2) torque dinâmico foi feita por meio de uma análise de variância de dois fatores. Para comparar os valores pré e pós-treinamento de torque isométrico, utilizaram-se como fatores os ângulos articulares e os momentos de avaliação, enquanto para a comparação dos

torques dinâmicos utilizaram-se as diferentes velocidades de contração e os momentos. Para a comparação das variáveis (3) qualidade de vida, (4) capacidade funcional e (5) nível de atividade física entre os momentos, utilizou-se uma análise de variância para medidas repetidas. No caso de dados não-paramétricos foi utilizado o teste de Wilcoxon. Para os cálculos foi utilizado o *software* SPSS (versão 18.0 para *Windows*) com um nível de significância de 5% ($\alpha \leq 0,05$).

3.3. RESULTADOS

Após a análise dos dados de registro das seções realizadas pelos sujeitos do presente estudo, extraídos dos estimuladores utilizados, verificou-se que apenas oito (poder estatístico = 36%) levaram a cabo o tratamento ao longo das 12 semanas de tratamento (intensidade média utilizada = 67,4 mA; tempo de estímulo total = 2950,6 min). Não foram encontradas diferenças entre os momentos pré e pós-treino para os valores de torque isométrico nos ângulos de 60°, 75°, 90° e 105° ($p=0,971$; poder observado = 0,050). Os torques normalizados pela CVMI em 75° dos momentos pré e pós-treino estão ilustrados na Figura 5. Também não foram encontradas diferenças entre os momentos pré e pós-treino para os valores de pico de torque nas velocidades de 0°/s, 60°/s, 120°/s, 180°/s e 240°/s ($p=0,857$; poder observado = 0,053). Os valores de pico de torque médios, normalizados pela CVMI em 75°, e respectivos desvios-padrão nos momentos pré e pós-treino estão ilustrados na Figura 6.

Também não foram encontradas diferenças nos escores médios, nos domínios dor ($p=0,117$; poder observado = 0,339) e rigidez ($p=0,190$; poder observado = 0,242) articular entre os momentos pré e pós-treinamento. Contudo, observou-se uma redução média de 34% da incapacidade de realizar atividades de vida diária ($p=0,049$; poder observado = 0,536). Os valores relativos estão expostos na figura 7. Além disso, não foram observadas diferenças no nível de atividade física reportados pelos sujeitos (Figura 8) nos momentos pré e pós-treinamento ($p=0,871$; poder observado = 0,052). Contudo, observou-se uma redução média de 9% do tempo para a realização do teste funcional *Time Up-and-Go* (Figura 9) após o treinamento de 12 semanas por meio de EEN realizado em domicílio ($p=0,008$; poder observado = 0,887).

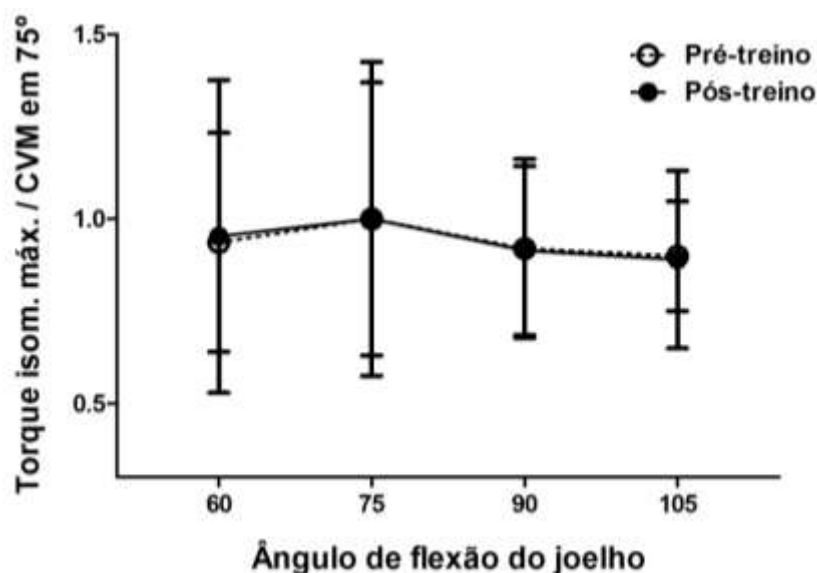


Figura 5. Torque isométrico normalizado pela média do torque em 75° nos ângulos articulares de 60°, 75°, 90° e 105° de flexão, antes e após o treinamento de 12 semanas por meio de EEN ($p=0,971$; poder observado = 0,050).

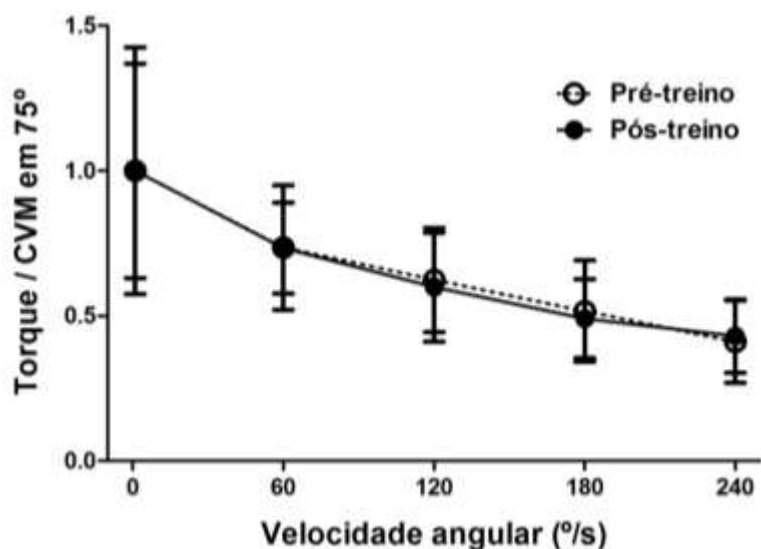


Figura 6. Torque dinâmico de extensores de joelho normalizados pela CVM em 75° de flexão. Médias e desvios padrão nas velocidades de 0°/s, 60°/s, 120°/s, 180°/s e 240°/s, antes e após o treinamento domiciliar de 12 semanas com EEN ($p=0,857$; poder observado = 0,053).

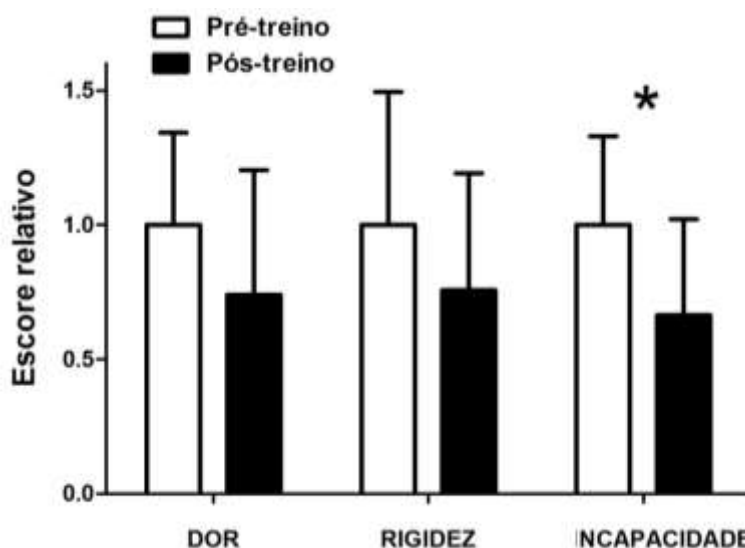


Figura 7. Escores médios e respectivos desvios-padrão de dor ($p=0,117$; poder observado = 0,339), rigidez ($p=0,190$; poder observado = 0,242) e incapacidade física (*: $p=0,049$; poder observado = 0,536) antes e após o treinamento de 12 semanas de EEN, realizados em domicílio.

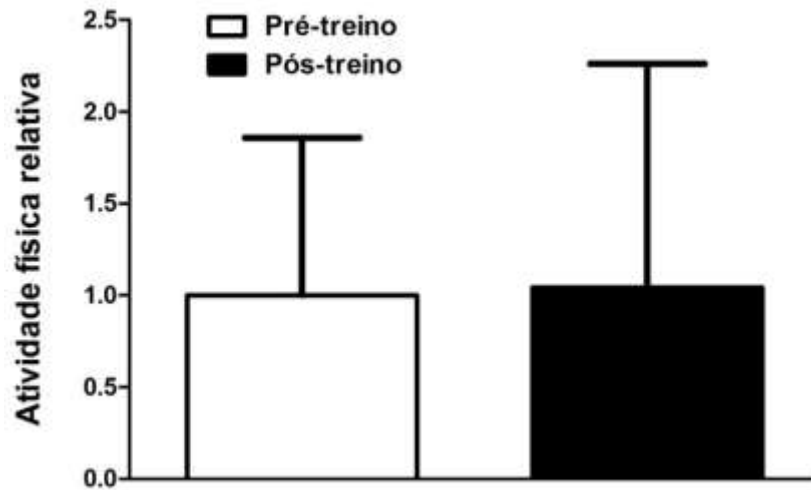


Figura 8. Média e desvio padrão do nível de atividade física antes e após o treinamento de 12 semanas com EEN ($p=0,871$; poder observado = 0,052).

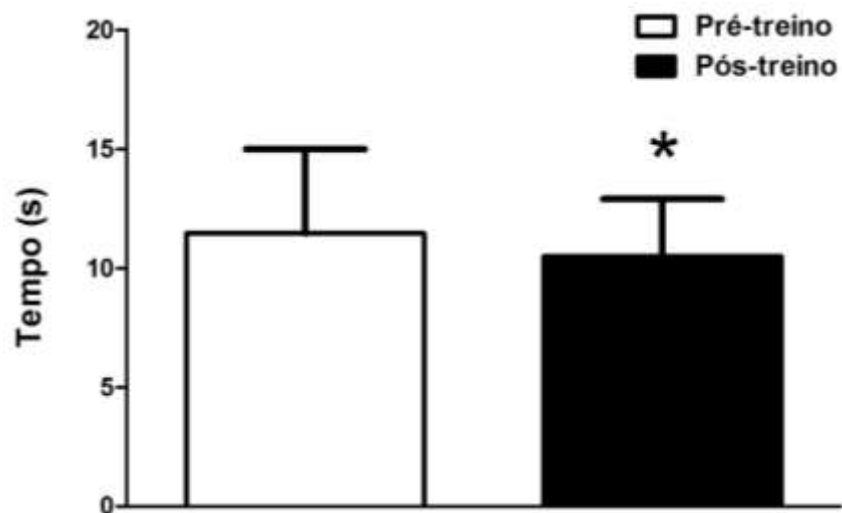


Figura 9. Média e desvio padrão do tempo para a realização do teste *Time Up-and-Go* antes e após o treinamento de 12 semanas com EEN (*: $p=0,008$; poder observado = 0,887).

3.4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar os efeitos de um programa progressivo de 12 semanas de EEN realizado em domicílio, sobre as propriedades mecânicas do músculo quadríceps, capacidade funcional e qualidade de vida de idosas com OA de joelho. Não tendo sido observadas mudanças no nível de atividade física realizada pelos sujeitos ao longo do treinamento domiciliar, por meio do questionário IPAC, as alterações observadas podem ser atribuídas somente aos efeitos hipertróficos produzidos pela EEN, ou ainda, à hipotrofia resultante do processo degenerativo da AO.

Já havia sido demonstrado que tanto adultos jovens [20] quanto idosos [21, 40] obtêm melhoras importantes na força dos músculos extensores do joelho após poucas semanas de treinamento com EEN. Em indivíduos acima de 65 anos, observou-se também que o fortalecimento por meio da EEN dependia diretamente do nível de atividade física prévia ao início da sua aplicação [21] e, como qualquer outra forma de treinamento, da progressão da sobrecarga gerada pela EEN [26]. Portanto, a efetividade de um programa de treinamento por meio de EEN vai depender diretamente da aplicação de uma sobrecarga adequada, levando-se em conta o estado físico inicial do paciente e do ajuste progressivo desta sobrecarga frente às mudanças adaptativas musculares ocorridas durante o programa de treinamento. A programação prévia da progressão do tratamento, utilizada no presente estudo, garantiu o aumento gradativo da sobrecarga ao longo das 12 semanas. Isto possibilitou a realização do tratamento de forma autônoma pelas idosas com AO, em suas casas, sem a necessidade de acompanhamento constante do profissional da

saúde. Este é um aspecto vantajoso, especialmente no caso de pessoas que já têm dificuldades na locomoção devido ao processo degenerativo na articulação do joelho.

Já foi observado que em pessoas saudáveis, a EEN não seria tão efetiva para o fortalecimento quanto o treinamento por meio de contrações voluntárias [25]. Roseff et al. e colaboradores (2004) já haviam comparado os efeitos de um programa de oito semanas de EEN com os de exercícios voluntários, tanto combinados quanto não combinados com EEN em idosos com OA de joelho. Os autores concluíram que a EEN provou ser uma alternativa terapêutica útil para pacientes com OA do joelho, embora a combinação de EEN com exercícios voluntários houvesse resultado em maiores ganhos de força muscular [38]. Contudo, evidências propõem que a EEN pode ser uma modalidade mais efetiva do que exercícios voluntários no fortalecimento da musculatura do quadríceps, especialmente para indivíduos que sofreram atrofia muscular após um período de imobilização [22]. Indivíduos idosos acometidos pela OA de joelho apresentam uma perda dos níveis de força, especialmente na musculatura extensora, e a EEN é uma modalidade que vem sendo indicada para o fortalecimento dessas pessoas que não conseguem atingir intensidades de exercício suficientes para gerar adaptação [27].

Em um estudo clínico randomizado realizado por Durmuş e colaboradores (2007), foram comparados os efeitos de exercícios isométricos assistidos por *biofeedback* com os da EEN sobre a força muscular do quadríceps. Após um treinamento de quatro semanas, foi observado um aumento de aproximadamente 35 e 48% no desempenho em testes de uma repetição máxima e de 10 repetições máximas, respectivamente, mostrando que a EEN

pode ser tão efetiva quanto exercícios voluntários em idosos com AO [39]. Mais recentemente, Walls e colaboradores (2010) avaliaram o efeito de um programa pré-operatório de EEN com duração de oito semanas, em indivíduos que seriam submetidos a uma cirurgia de artroplastia total de joelho. Observou-se um aumento de 28% do torque de extensão de joelho [40]. Talbot *et al.* (2003) também avaliaram os efeitos de um programa domiciliar de 12 semanas com EEN aplicada aos músculos extensores do joelho de idosos acometidos por OA. Após o treinamento realizado a uma intensidade média de 22% da CVM dos sujeitos, foi observado um aumento de 9% no torque de extensão de joelho [41]. Neste estudo, os autores sugerem que uma intensidade média mínima referente a 18% da CVM foi necessária para a obtenção de ganhos de força nesses indivíduos.

No presente estudo, após o treinamento domiciliar progressivo de 12 semanas, foram avaliados os torques gerados pelo estimulador elétrico portátil, na intensidade de corrente máxima tolerada pelos sujeitos participantes. Foi observado que, ao final do estudo, as participantes estimularam seus músculos com uma intensidade suficiente para gerar apenas contrações referentes, em média, a 9% de sua CVMI em 90° de flexão do joelho (ângulo em que foi realizado o treinamento domiciliar). Talvez a realização do tratamento com uma intensidade baixa, muito inferior do que foi proposto por Talbot e colaboradores (2003), explique o fato de não terem sido observadas alterações na capacidade de produção de torque, tanto em contrações isométricas quanto em contrações dinâmicas, refutando nossa primeira hipótese. Estes resultados vão ao encontro do que foi observado anteriormente em um ensaio clínico realizado por Palmieri-Smith e colaboradores (2010), quando 16 semanas de treinamento

por meio de EEN foram insuficientes para aumentar a força do quadríceps de idosas com OA de joelho, que apresentavam graus de leve a moderado [45].

Outra possibilidade para explicar os achados do presente estudo seria que o treinamento de 12 semanas com EEN foi capaz de apenas de promover a manutenção da capacidade de produção de torque, contrapondo-se às perdas do processo degenerativo causado pela OA. Esta hipótese está de acordo com o estudo realizado por Talbot e colaboradores (2003), no qual foi observado que os níveis de força retornaram aos valores iniciais após 12 semanas de destreino [41], mostrando a perda acelerada dos níveis de força em decorrência da OA. Por fim, existe ainda a possibilidade de que a variabilidade observada nos níveis de torque produzidos pelas idosas impossibilitou que fossem encontradas diferenças entre as médias do grupo nas avaliações subsequentes.

Alguns autores indicam a EEN como uma intervenção promissora para a manutenção ou aumento da força muscular, promovendo maior velocidade de marcha e rapidez para levantar de cadeiras, sem manifestação dos sintomas da OA [38, 39, 41]. Durmuş e colaboradores (2007), após apenas quatro semanas de treinamento por meio de EEN, observaram melhoras tanto em relação à dor e ao grau de rigidez, quanto na capacidade funcional [39]. No estudo realizado por Walls e colaboradores (2010) observou-se que o aumento de 28% do torque de extensão de joelho foi acompanhado de um aumento do desempenho na realização de testes funcionais [40]. No presente estudo, embora não tenham sido observadas alterações na capacidade de produção de torque nos ângulos de flexão do joelho e velocidades angulares avaliadas, houve uma redução de 15% no tempo para a realização do teste funcional

Time Up-and-Go, confirmando sua segunda hipótese. Além disto, embora não tenha sido observada melhora tanto nos níveis de dor quanto rigidez articular, encontrou-se uma redução de 34% da incapacidade para realização de atividades de vida diária, avaliados por meio do questionário WOMAC, confirmando em parte nossa terceira hipótese. Tais resultados demonstram a efetividade do programa domiciliar de 12 semanas de EEN sobre a capacidade funcional e qualidade de vida de idosas com OA de joelho, mesmo quando realizado em intensidades baixas de estimulação elétrica.

3.5. CONCLUSÃO

Embora tenham sido observadas melhoras na capacidade física e na qualidade de vida de idosas com OA de joelho, mesmo em baixas intensidades de contração geradas pelo estimulador, o programa de treinamento progressivo de 12 semanas de EEN, realizados em domicílio, não foi capaz de gerar o aumento da capacidade de produção de força nestas idosas.

4. LIMITAÇÕES E DIREÇÕES

A maior limitação do presente estudo foi sem dúvida a perda amostral observada. Embora os indivíduos participantes tenham sido treinados na utilização do aparelho no próprio domicílio e contatados sistematicamente por meio de telefonemas e visitas, o acompanhamento a distância não garantiu a realização do tratamento de forma efetiva por parte de todos os indivíduos participantes.

Outra limitação importante foi a ausência de um grupo controle com OA de joelho, que possibilitaria identificar os efeitos da EEN no grupo que recebeu o tratamento, frente ao processo degenerativo progressivo da OA. Contudo, os testes realizados geravam dor e desconforto aos participantes e não seria ético submeter sujeitos idosos a testes dolorosos, sem proporcionar nenhuma forma efetiva de tratamento.

Outra limitação foi a ausência de quantificação da dor durante os testes, por meio de uma escala visual. Isto possibilitaria verificar de forma bastante simples a presença de um quadro inflamatório agudo, e poderia explicar talvez a variabilidade observada nos valores de torque produzidos pelos sujeitos durante as avaliações.

Para melhor compreendermos os efeitos da EEN sobre a estrutura e a função dos músculos de idosos com OA, mais estudos que busquem compreender os mecanismos fisiológicos responsáveis pelas adaptações geradas pela EEN, que criem ferramentas para aumentar a aderência no tratamento e que utilizem um maior número de sujeitos são necessários no futuro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora não tenha sido possível observar o aumento na capacidade de produção de força de idosas com AO, o programa domiciliar progressivo de fortalecimento por meio de EEN foi capaz de reduzir a IM e a incapacidade física, enquanto aumentou a capacidade funcional. Portanto a primeira hipótese do estudo, de que a EEN seria capaz de minimizar os efeitos deletérios da doença sobre as propriedades mecânicas do músculo quadríceps, foi confirmada. Contudo, a segunda hipótese, de que o tratamento seria capaz de aumentar a capacidade funcional e minimizar a dor do idoso foi em parte confirmada, visto que não houve melhora da dor. Além disso, a diminuição do grau de IM confirmou a terceira hipótese enquanto a ausência de um aumento do torque extensor de joelho no ângulo de treinamento e nas maiores velocidades de contração tenha refutado a quarta hipótese do estudo.

Frente às limitações do presente estudo, tais achados mostram que a utilização de um estimulador portátil, que tem por finalidade a fácil utilização por parte dos idosos em seu próprio domicílio para o tratamento da AO, é de fato vantajosa. Estudos como esse possibilitarão no futuro que idosos obtenham, por um baixo custo, acesso a programas de tratamento que sejam efetivos em recuperar a capacidade de realizar as atividades do dia a dia e que gradativamente sejam capazes de reabilitar esses indivíduos para a prática de atividades físicas.

6. REFERÊNCIAS

1. Fejer R and Ruhe A. What is the prevalence of musculoskeletal problems in the elderly population in developed countries? A systematic critical literature review. **Chiropractic & Manual Therapies** 2012; 20:31
2. Bergman S. Public health perspective and how to improve the musculoskeletal health of the population. **Best Pract Res Clin Rheumatol** 2007; 21(1): 191-204.
3. Arden N and Nevitt MC. Osteoarthritis: epidemiology. **Best Pract Res Clin Rheumatol** 2006; 20(1): 3–25.
4. Birrell F and Felson D. The age of osteoarthritis. **Age Ageing** 2009; 38: 2–3.
5. Guccione AA, Felson DT, Anderson JJ et al. The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. **Am J Public Health** 1994; 84: 351–358.
6. Hannan MT, Felson DT and Pincus T. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. **J Rheumatol** 2000; 27: 1513–1517.
7. Slemenda C, Heilman DK, Brandt KD, Katz BP, Mazucca S, Braunstein EM and Byrd D. Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? **Arthritis Rheum** 1998; 41:1951-1959.
8. Miller M. Voluntary activation and central activation failure in the knee extensors in young women and men. **Scand J Med Sci Sports** 2006; 16: 274–281.
9. Strokes M and Young A. The contribution of reflex inhibition to antherogenous muscle weakness. **Clin Sci** 1984; 67:7-14.
10. Hurley MV. The effects of joint damage on muscle function, proprioception and rehabilitation. **Manual Ther** 1997; 2(1): 11-17.
11. Courtney CA, Lewek MD, Witte PO, Chmell SJ and Hornby TG. Hightened flexor withdrawal responses in subjects with knee osteoarthritis. **The Journal of Pain** 2009; 10(12): 1242-1249.
12. Herzog W and Longino D. The role of muscles in joint degeneration and osteoarthritis. **J Biomech** 2007; 40: 854-863.
13. Felson DT, Lawrence RC, Dieppe PA et al. Osteoarthritis: new insights. Part 1: the disease and its risk factors. **Ann Intern Med** 2000; 133: 635–646.

14. Bayramoglu M, Toprak R, Sozay S. Effects of osteoarthritis and fatigue on proprioception of the knee joint. **Arch Phys Med Rehabil** 2007; 88: 346-350.
15. Mairet S, Maïsetti O, Rolland E and Portero P. Neuromuscular and architectural alterations of the vastus lateralis muscle in elderly patients with unilateral knee osteoarthritis. **Annales de réadaptation et de médecine physique** 2008; 51: 16–23.
16. Kaufman KR, Hughesa C, Morreya BF, Morreyb M, An K. Gait characteristics of patients with knee osteoarthritis. **J Biomech** 2001; 34: 907–915.
17. Hortobágyi T, Westerkamp L, Beam S, Moody J, Garry J, Holbert D, DeVita P. Altered hamstring-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. **Clin Biomech** 2005; 20: 97–104.
18. Vaz MA, Baroni BM, Geremia JM, Lanferdini FJ, Mayer A, Arampatzis A, Herzog W. Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) Reduces Structural and Functional Losses of Quadriceps Muscle and Improves Health Status in Patients with Knee Osteoarthritis. **J Orthop Res** 2012; 31(4): 511-516.
19. Vignon E, Valat J, Rossignol M, Avouac B, Rozenberg S, Thoumie P, Avouac J, Nordin M and Hilliquin P. Osteoarthritis of the knee and hip and activity: a systematic international review and synthesis (OASIS). **Joint Bone Spine** 2006; 73: 442–455.
20. Laughman RK, Youdas JW, Garrett TR and Chao EYS. Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as result of electrical stimulation. **Phys Ther** 1983; 63(4): 494-499.
21. Caggiano E, Emrey T, Shirley S and Craik R. Effects of electrical stimulation or voluntary contraction for strengthening the quadriceps femoris muscles in an aged male population. **J Orthop Sports Phys Ther** 1994; 20 (1): 22-28.
22. Bax L, Staes F and Verhagen A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. **Sports Med** 2005; 35 (3): 191-212.
23. Fahey TD, Harvey M, Schroeder RV and Ferguson F. Influence of sex differences and knee joint position on electrical stimulation-modulated strength increases. **Med Sci Sports Exerc** 1985; 17(1): 144-147.
24. Currier DP, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. **Phys Ther** 1983; 63 (6): 915-921.

25. Mohr T, Carlson B, Sulentic C, et al. Comparison of isometric exercise and high volt galvanic stimulation on quadriceps femoris muscle strength. **Phys Ther** 1985; 65 (5): 606-609.
26. Arkov VV, Abramova TF, Nikitina TM, Afanasjeva DA, Anosova AA, Milenina AI, and Tonevitsky AG. New Aspects of the Influence of Quadriceps Femoris Muscle Stimulation Course on Functional Capabilities of the Organism. **B Exp Biol Med** 2010; 149(2): 177-179.
27. Rice DA and McNair PJ. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. **Semin Arthritis Rheum** 2010; 40: 250-266.
28. Narici MV, Maganaris CN, Reeves ND. Myotendinous alterations and effects of resistive loading in old age. **Scand J Med Sci Sports** 2005; 15(6): 392-401.
29. Narici MV, Maganaris CN. Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. **J Anat** 2006; 208: 433-443.
30. Gondin J, Guette M, Ballay Y and Martin A. Eletromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. **Med Sci Sports Exerc** 2005; 37:1291-1299.
31. Gondin J, Guette M, Ballay Y and Martin A. Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. **Eur J Appl Physiol** 2006; 97: 165–173.
32. Gregory CM and Bickel CS. Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. **Phys Ther** 2005; 85:358–364.
33. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. **Eur J Appl Physiol** 2010; 110: 223–234.
34. Williamson DL, Godard MP, Poter DA, Costill DL, Trappe SW. Progressive resistance training reduces myosin heavy chain coexpression in single muscle fibers from older men. **J Appl Physiol** 2000; 88: 627-633.
35. Maffiuletti NA, Zory R, Miotti D, Pellgrino MA, Jubeau M and Bottinelli R. Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance training. **Am J Phys Med Rehabil** 2006; 85: 167-175.
36. Jubeau M, Sartorio A, Marinone PG, Agosti F, Van Hoecke J, Nosaka K and Maffiuletti NA. Comparison between voluntary and stimulated contractions of the quadriceps femoris for growth hormone response and muscle damage. **J Appl Physiol** 2008; 104:75–81.

37. Aldayel A, Jubeau M, McGuigan M, and Nosaka K. Less indication of muscle damage in the second than initial electrical muscle stimulation bout consisting of isometric contractions of the knee extensors. **Eur J Appl Physiol** 2010; 108: 709-717.
38. Rosemffet MG, Schneeberger EE, Citera G, Sgobba ME, Laiz C, Schmulevich H, Artçanuturry P, Gagliardi S and Cocco JAM. Effects of functional electrostimulation on pain, muscular strength, and functional capacity in patients with osteoarthritis of the Knee. **J Clin Rheumatol** 2004; 10: 246–249.
39. Durmuş D, Alaylı G and Cantürk F. Effects of quadriceps electrical stimulation program on clinical parameters in the patients with knee osteoarthritis. **Clin Rheumatol** 2007; 26: 674–678.
40. Walls RJ, McHugh G, O'Gorman DJ, Moyna NM and O'Byrne JM. Effects of preoperative neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and functional recovery in total knee arthroplasty. A pilot study. **BMC Musculoskeletal Disorders** 2010; 11: 119-128.
41. Talbot LA, Gaines JM, Ling SM and Metter EJ. A home-based protocol of electrical stimulation for quadriceps muscle strength in older adults with osteoarthritis of the knee. **J Rheumatol** 2003; 30(7): 1571-1578.
42. Pietrosimone BG, Hertel J, Ingersoll CD, Hart JM and Saliba SA. Voluntary quadriceps activation deficits in patients with tibiofemoral osteoarthritis: a meta-analysis. **PM R** 2011; 3: 153-162.
43. Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L. Neuromuscular electrical stimulation for quadriceps muscle strengthening after bilateral total knee arthroplasty: a case series. **J Orthop Sports Phys Ther** 2004; 34: 21-29.
44. Petterson S and Snyder-Mackler L. The use of neuromuscular electrical stimulation to improve activation deficits in a patient with chronic quadriceps strength impairments following total knee arthroplasty. **J Orthop Sports Phys Ther** 2006; 36 (9): 678-685.
45. Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Karvonen-Gutierrez C and Sowers MF. A clinical trial of neuromuscular electrical stimulation in improving quadriceps muscle strength and activation among women with mild and moderate osteoarthritis. **Phys Ther** 2010; 90 (10): 1441-1452.
46. Kellgreen JH and Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthrosis. **Ann rheum Dis** 1957; 16: 494-502.
47. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. **Exp Physiol** 2004b; 89(6): 675-89.

48. Suter E, Herzog W. Effect of number of stimuli and timing of twitch application on variability in interpolated twitch torque. **J Appl Physiol** 2001; 90:1036-1040.
49. Lee HD, Suter E, Herzog W. Force depression in human quadriceps femoris following voluntary shortening contractions. **J Appl Physiol** 1999 87:1651-1655.
50. Suter E, Herzog W, Desouza K, Bray RC. Inhibition of the quadriceps muscles in patients with anterior knee pain. **J Appl Biomech** 1998; 14:360-373.
51. Vaz MA, Mayer A and Lanferdini FJ. Effects of electrical stimulation on subcutaneous fat thickness, stimulus intensity, EMG signal and maximal knee extensor torque in patients with osteoarthritis. In: **6th World Congress on Biomechanics** 2010.
52. Ferri A et al. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. **Acta Physiol Scand** 2003; 177(1): 69-78.
53. Baroni BM, Galvão AQ, Ritzel CH, Diefenthaeler F and Vaz MA. Dorsiflexor and plantarflexor neuromuscular adaptations at two-week immobilization after ankle sprain. **Rev Bras Med Esporte** 2010; 16 (5): 358–362.
54. Frasson VB, Rassier DE, Herzog W and Vaz MA. Dorsiflexor and plantarflexor torque-angle and torque-velocity relationships of classical ballet dancers and volleyball players. **Braz J of Biomec** 2007; 8 (14): 31–37.
55. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. **Phys Ther** 2002; 82(2): 128-37.
56. Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. **J Rheumatol** 1988; 15: 1833-1840.

7. ANEXOS

7.1. Termo de consentimento livre e esclarecido

Por favor, leia atentamente esse termo, para que você entenda plenamente o objetivo desse projeto e o seu envolvimento como sujeito participante. **Se houverem dúvidas, você tem todo o direito de fazer perguntas ou recusar em participar no mesmo a qualquer momento. Da mesma forma, o pesquisador responsável tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso haja a necessidade.**

Você está sendo convidada a participar de uma pesquisa que tem como objetivo avaliar os efeitos da estimulação elétrica nos músculos da coxa. Para participar do presente estudo, você deve:

- possuir idade igual ou superior a 60 anos, e;
- ter osteoartrite graus 2 ou 3 em um dos joelhos, comprovada clinicamente por exame de raio-X.

Você NÃO poderá participar do estudo caso tenha alguma doença cardiorrespiratória (por exemplo: angina), neuromuscular (por exemplo: fraqueza muscular crônica) ou metabólica (por exemplo: diabetes) ou se já estiver praticando exercícios de força regularmente nos últimos três meses.

Neste estudo você fará parte de um grupo experimental em que cada um realizará individualmente em casa, um tratamento de estimulação elétrica. Após um período de quatro semanas sem realizar qualquer tipo de atividade física, você receberá temporariamente um aparelho de estimulação elétrica muscular, para a realização de um tratamento, em casa, durante 12 semanas. Uma bateria de testes será realizada em três momentos: ao início do estudo; antes do início do tratamento em casa e; ao final das 12 semanas de tratamento.

Os testes envolvem:

- medidas do peso e da estatura;
- exames de imagem do músculo da coxa por meio de ecografia (como a utilizada em exames pré-natal);
- avaliações da sua força máxima, em diferentes posições do joelho;
- medidas da atividade elétrica gerada pelo músculo durante o esforço e;
- um teste de levantar de uma cadeira, caminhar e sentar novamente.

Além disso, você terá de responder à questionários que avaliarão o nível de atividade física que realiza no seu dia-a-dia, o grau de rigidez articular e a manifestação da dor.

Nenhum dos exames ou exercícios que serão realizados oferece riscos a sua saúde. Porém, o treinamento com estimulação elétrica, poderá gerar certo desconforto no local de posicionamento dos eletrodos, por ser utilizado na máxima intensidade tolerável. Além disso, você poderá sentir dores leves após os testes máximos, bem como ficar com a pele um pouco irritada temporariamente pela colocação dos eletrodos. Todos esses sintomas desaparecerão em no máximo dois dias.

Os dados deste estudo serão utilizados única e exclusivamente para fins de pesquisa, de modo que sua identidade será mantida em sigilo absoluto. Ao final da pesquisa você receberá um laudo com um resumo dos resultados obtidos. Durante todo o experimento você será acompanhado pelo pesquisador Matias Fröhlich, aluno do Curso de Mestrado em Ciências do Movimento Humano (EsEF - UFRGS), o qual estará à disposição para responder qualquer dúvida referente ao estudo, assim como para auxiliá-lo se necessário. Este estudo está sendo realizado sob orientação do Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz, que também estará à disposição em caso de necessidade.

Você está livre para desistir de participar do estudo, ao decorrer ou em qualquer momento, mesmo após assinar este documento, que tem como objetivo obter o seu livre consentimento com os procedimentos a serem realizados, após total explanação de dúvidas referentes ao estudo. Você não será prejudicado de forma alguma se optar por não participar.

Para qualquer informação estaremos à disposição no local ou pelos telefones:

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFRGS: 3308-4085
Laboratório de Pesquisa do Exercício – LAPEX: 3308-5859
Pesquisador: Matias Fröhlich - 9255-5869
Orientador Responsável: Prof Dr. Marco Aurélio Vaz – 3308-5860

Nome no Participante:

Idade:

Endereço:

Telefone:

Ass. participante

Ass. pesquisador


7.2. Questionário IPAQ

Nós estamos interessados em descobrir a respeito do tipo de atividade física que as pessoas fazem como parte das suas vidas diárias. Você será questionado sobre o tempo que gastou em atividades físicas **nos últimos sete dias**. Por favor, pense nas atividades que você faz no trabalho, assim como em tarefas de casa ou na rua (jardim, quintal), deslocando-se de um lugar a outro, em recreação, exercícios ou esporte.

Pense a respeito de todas as atividades vigorosas que você fez **nos últimos sete dias**. Atividades físicas **vigorosas** referem-se àquelas que lhe solicitaram grande esforço físico e intensificaram muito a sua respiração além do normal. Pense apenas nestas atividades físicas que você fez por no mínimo 10 minutos a cada vez.

1. Durante a última semana, quantos dias você realizou alguma atividade física vigorosa, como levantar peso, cavar, ginástica aeróbica ou pedalar rapidamente?

_____ dias na semana

nenhuma atividade física vigorosa  vá para questão 3

2. Quanto de tempo você despendeu fazendo atividade física vigorosa em um destes dias?

_____ horas por dia


_____ minutos por dia

Não sei/ Não tenho certeza

Pense em todas as atividades **moderadas** que você fez **nos últimos sete dias**. Atividades Moderadas referem-se àquelas que lhe exigiram moderado esforço físico e alguma intensificação na sua respiração além do normal. Pense nas atividades físicas que realizou por, no mínimo 10 minutos cada vez.

3. Durante a **última semana**, quantos dias você realizou alguma atividade física moderada, como carregar pequenas cargas, pedalar em superfície regular ou jogar tênis de dupla? Não inclua caminhada.

_____ dias na semana

nenhuma atividade física moderada  vá para questão 5

4. Quanto de tempo você usualmente despendeu fazendo atividade física moderada em um destes dias?


_____ horas por dia

_____ minutos por dia

Não sei/ Não tenho certeza

5. Durante a última semana, quantos dias você caminhou por no mínimo 10 minutos?

_____ dias na semana

nenhuma caminhada  vá para questão 7

6. Quanto de tempo você usualmente despendeu caminhando em um destes dias?

_____ horas por dia

_____ minutos por dia

Não sei/ Não tenho certeza

A última questão é a respeito do tempo despendido sentado nos dias da semana. Inclui tempo sentado no trabalho, em casa, fazendo tarefas de estudo e tempo de folga. Pode incluir tempo sentado à mesa, visitando amigos, leitura ou assistindo televisão.

7. Durante a última semana, quanto de tempo você dispendeu em um dia da semana ?

_____ horas por dia

_____ minutos por dia

Não sei/ Não tenho certeza

Este é o fim deste questionário, obrigado pela sua participação.
Versão curta - últimos sete dias - do IPAQ, traduzida.

7.3. Questionário WOMAC

INDICE WOMAC PARA OSTEOARTRITE **ANONIMATO E CONFIDENCIALIDADE**

Toda informação que você fornecer será considerada estritamente confidencial e será apresentada apenas como estatística do grupo de indivíduos. Nenhum dado que identifique um indivíduo com uma resposta específica ou genérica será apresentado.

Se você tem alguma pergunta ou comentários sobre esta pesquisa, por favor sinta-se a vontade para escrever ou telefonar para o pesquisador responsável.

INSTRUÇÕES PARA OS PACIENTES

Nas seções A, B e C as perguntas serão feitas da seguinte forma e você deverá respondê-las colocando um "X" em um dos quadrados.

NOTA:

1. Se você colocar o "X" no quadrado da extrema esquerda, ou seja:
Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

Então você está indicando que você não tem dor.

2. Se você colocar o "X" no quadrado da extrema direita, ex.:
Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

Então você está indicando que sua dor é muito intensa.

3. Por favor observe:

- a. Que quanto mais à direita você colocar o "X", maior a dor que você está sentindo.
- b. Que quanto mais à esquerda você colocar o "X", menor a dor que você está sentindo.
- c. Favor não coloque o "X" fora dos quadrados.

Você será solicitado a indicar neste tipo de escala a intensidade de dor, rigidez ou incapacidade que você está sentindo. Por favor lembre que quanto mais à direita você colocar o "X", você está indicando que está sentindo maior dor, rigidez ou incapacidade.

SEÇÃO A

INSTRUÇÕES PARA OS PACIENTES

As perguntas a seguir se referem à intensidade da dor que você está atualmente sentindo devido à artrite de seu joelho. Para cada situação, por favor, coloque a intensidade da dor que sentiu nas últimas 72 horas (Por favor, marque suas respostas com um "X").

Pergunta: Qual a intensidade da sua dor?

1-Caminhando em um lugar plano.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

2- Subindo ou descendo escadas.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

3- A noite deitado na cama.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

4-Sentando-se ou deitando-se.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

5. Ficando em pé.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

SEÇÃO B

INSTRUÇÕES PARA OS PACIENTES

As perguntas a seguir se referem à intensidade de rigidez nas juntas (não dor), que você está atualmente sentindo devido à artrite em seu joelho nas últimas 72 horas. Rigidez é uma sensação de restrição ou dificuldade para movimentar suas juntas (Por favor, marque suas respostas com um "X").

1. Qual é a intensidade de sua rigidez logo após acordar de manhã?

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

2. Qual é a intensidade de sua rigidez após se sentar, se deitar ou repousar no decorrer do dia?

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

SEÇÃO C

INSTRUÇÕES PARA OS PACIENTES

As perguntas a seguir se referem a sua atividade física. Nós chamamos atividade física, sua capacidade de se movimentar e cuidar de você mesmo(a). Para cada uma das atividades a seguir, por favor, indique o grau de dificuldade que você está tendo devido à artrite em seu joelho durante as últimas 72 horas (Por favor marque suas respostas com um "X").

Pergunta: Qual o grau de dificuldade que você tem ao:

1-Descer escadas.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

2- Subir escadas.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

3- Levantar-se estando sentada.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

4- Ficar em pé.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

5- Abaixar-se para pegar algo.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

6- Andar no plano.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

7- Entrar e sair do carro.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

8- Ir fazer compras.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

9- Colocar meias.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

10- Levantar-se da cama.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

11- Tirar as meias.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

12- Ficar deitado na cama.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

13- Entrar e sair do banho.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

14 -Se sentar.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

15- Sentar e levantar do vaso sanitário.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

16- Fazer tarefas domésticas pesadas.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

17- Fazer tarefas domésticas leves.

Nenhuma Pouca Moderada Intensa Muito intensa

OBRIGADO POR COMPLETAR ESTE QUESTIONÁRIO