

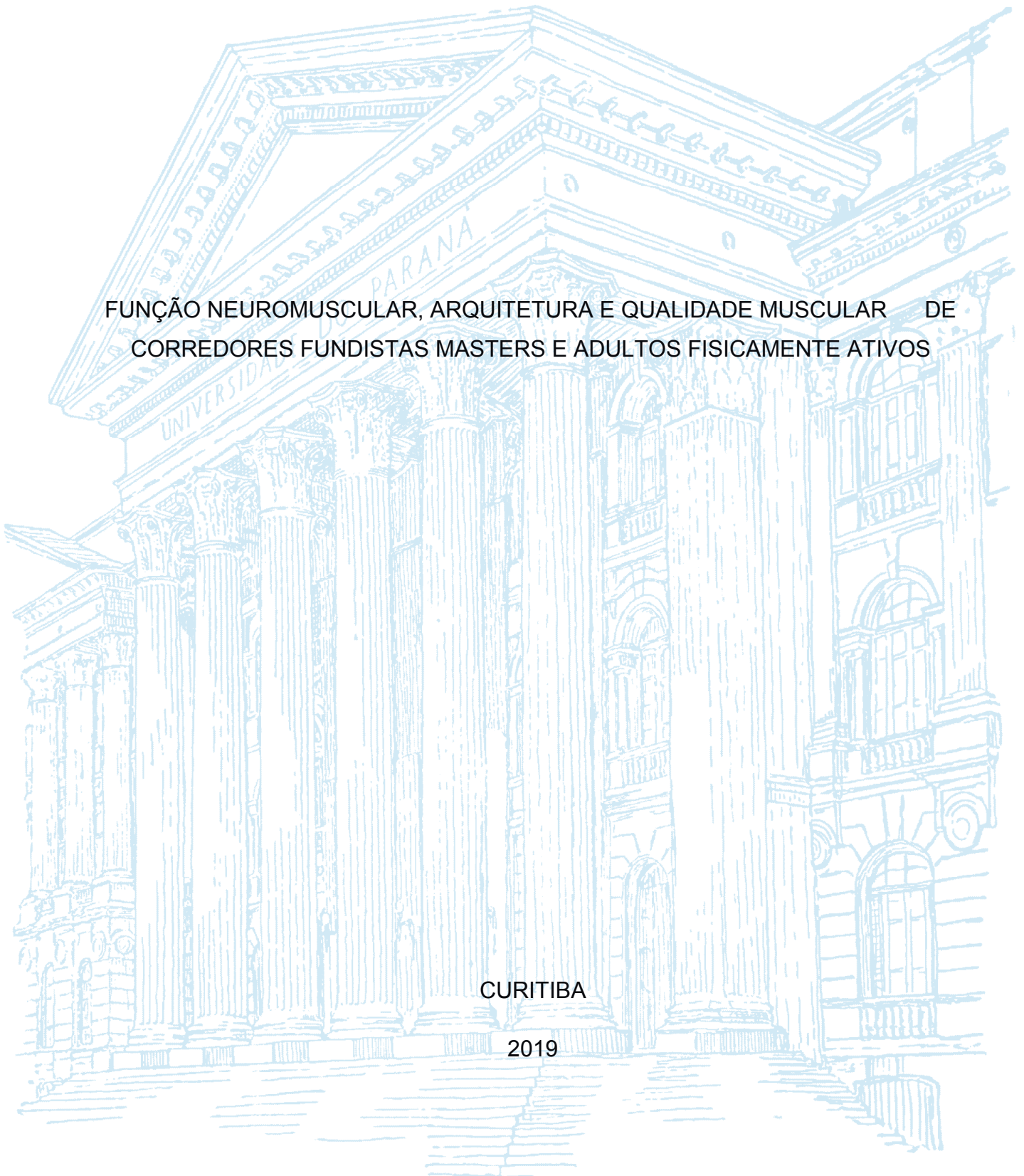
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRÉ GERALDO BRAUER JÚNIOR

FUNÇÃO NEUROMUSCULAR, ARQUITETURA E QUALIDADE MUSCULAR DE
CORREDORES FUNDISTAS MASTERS E ADULTOS FÍSICAMENTE ATIVOS

CURITIBA

2019



ANDRÉ GERALDO BRAUER JÚNIOR

FUNÇÃO NEUROMUSCULAR, ARQUITETURA E QUALIDADE MUSCULAR DE
CORREDORES FUNDISTAS MASTERS E ADULTOS FÍSICAMENTE ATIVOS

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Educação Física do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Paulo Cesar Barauce Bento

CURITIBA

2019

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas.
(Dulce Maria Bieniara – CRB/9-931)

Brauer Júnior, André Geraldo
Função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular de corredores
fundistas masters e adultos fisicamente ativos. / André Geraldo Brauer
Júnior. – Curitiba, 2019.
123 p.: il.

Orientador: Paulo Cesar Barauce Bento

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

1. Corrida 2. Atletas 3. Transmissão neuromuscular 4. Força
muscular I. Título II. Bento, Paulo Cesar Barauce III. Universidade Federal
do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em
Educação Física.

CDD (20. ed.) 796.42



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO FÍSICA -
4000101604770

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO FÍSICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ANDRÉ GERALDO BRAUER JÚNIOR** intitulada: **FUNÇÃO NEUROMUSCULAR, ARQUITETURA E QUALIDADE MUSCULAR DE CORREDORES FUNDISTAS MASTERS E ADULTOS FÍSICAMENTE ATIVOS**, sob orientação do Prof. Dr. PAULO CESAR BARAUCE BENTO, que após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no ato de defesa. A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 31 de Junho de 2019.

PAULO CESAR BARAUCE BENTO
Presidente da Banca Examinadora

ROGERIO CESAR FERMINO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

CINTIA DE LOURDES NAHAS RODACKI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

ADRIANO EDUARDO LIMA DA SILVA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

RAUL OSIECKI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Aos meus pais, por todo o incentivo em toda a minha caminhada profissional e por todos os valores que me passaram para a vida. Sem vocês nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Às minhas filhas amadas, Isabele e Luana, que me ensinaram o verdadeiro significado da palavra amor. Com vocês, me tornei e me esforço cada dia mais para ser uma pessoa melhor no mundo. Com vocês eu sinto e entendo o que é a verdadeira felicidade. Obrigado por existirem em minha vida, papai ama vocês incondicionalmente!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Cesar Barauce Bento, por ter me acolhido com segurança e motivação, pela imensa paciência e compreensão que teve comigo durante todo o processo de meu doutorado, por toda contribuição para o meu crescimento acadêmico e por sua amizade, que já existia muito antes de eu pensar que algum dia seria o meu orientador de doutorado. Sei que não consegui alcançar todas as expectativas depositadas em mim, mas espero ter chegado próximo delas. Muito obrigado por tudo!

Ao meu irmão, Ricardo, por todo o incentivo que sempre deu em minha carreira profissional e pela oportunidade de me tornar o tio da Laura.

Ao meu tio, Marcelo, o cara mais inteligente que eu conheço, que me mostrou o caminho dos livros e sempre foi o meu maior exemplo de professor. Admiro-te muito e agradeço por todo o incentivo e conselhos que sempre me deu.

Ao professor Dr. Sergio Luiz Ferreira Andrade, por toda ajuda em todas as fases na elaboração deste trabalho, e acima de tudo pela sua amizade e companheirismo. Me espelho muito em você pelo exemplo de professor e ser humano que és.

Às minhas coordenadoras, Thais Pastre e Camile Silva, por toda a compreensão ao longo desses quatro anos de doutorado. É uma satisfação muito grande para mim poder trabalhar e aprender com vocês diariamente.

Ao professor e grande amigo Thiago Pimenta, pela amizade e por todos os conselhos nos momentos mais difíceis que passei durante o doutorado.

Ao professor, grande amigo e companheiro de Rússia durante 3 anos, Stefane Dias, por todo o incentivo e ajuda na minha carreira profissional. Muito

obrigado por todos os momentos e perrengues que passamos em Moscou, só quem morou lá na nossa época sabe o quanto foi difícil vencermos aquela batalha.

Ao professor e amigo Ricardo Souza, por todas as contribuições científicas para aprimorar este trabalho.

Aos colegas de trabalho: Gilson, Dani, Lu Moro, Karini, Bárbara, Eliana, Ana Leticia, Camila, Rodrigo Prado, profissionais exemplares com os quais aprendo diariamente.

Ao Rodrigo Waki, secretário do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Paraná, por ser sempre atencioso, dedicado e competente na sua atividade profissional.

À Jessica, ao Daniel, ao Rafael e ao Mauro, ex-alunos do Unibrasil que sempre estiveram ao meu lado com muita disposição durante as coletas da pesquisa, além de compartilhar comigo os obstáculos e frustrações existentes na pesquisa científica.

De forma muito especial, a todos os que participaram como voluntários do estudo. Sem o auxílio e a disposição deles a realização deste trabalho nunca teria sido possível.

Enfim, a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a conclusão desta importante etapa da minha vida profissional, ficam aqui o meu sincero agradecimento e votos de estima consideração.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
LISTA DE ABREVIACOES	13
RESUMO.....	15
CAPÍTULO I	17
INTRODUÇÃO GERAL	17
1.INTRODUÇÃO	15
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo geral	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.2.3 Hipótese central do estudo.....	19
1.2.4 Estrutura e composição da tese de doutorado	20
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA	22
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 O atleta master como população modelo.....	23
2.2 Envelhecimento e função neuromuscular.....	24
2.3 Envelhecimento e arquitetura muscular	28
2.4 Envelhecimento e qualidade muscular	31
CAPÍTULO III - ESTUDO 1	34
FUNÇÃO NEUROMUSCULAR, ARQUITETURA E QUALIDADE MUSCULAR: COMPARAÇÃO ENTRE CORREDORES MÁSTER FUNDISTAS, ADULTOS FISICAMENTE ATIVOS E JOVENS FISICAMENTE ATIVOS.	35
3.1 INTRODUÇÃO	35
3.1.1 Objetivo geral	37
3.1.2 Objetivos específicos.....	37
3.1.3 Hipóteses	37
3.2 MÉTODOS	38
3.2.1 Caracterização de estudo.....	38
3.2.2 Participantes.....	38
3.2.3 Procedimentos gerais.....	40
3.2.4 Instrumentos de coleta de dados	41
3.2.5 Análise estatística	54
3.3 RESULTADOS	54

3.4 DISCUSSÃO	60
3.5 CONCLUSÕES	71
CAPÍTULO IV – ESTUDO 2	73
COMPARAÇÃO DA FUNÇÃO NEUROMUSCULAR, ARQUITETURA MUSCULAR E QUALIDADE MUSCULAR ENTRE CORREDORES MÁSTER FUNDISTAS DE DIFERENTES CATEGORIAS ETÁRIAS	74
4.1 INTRODUÇÃO	74
4.1.1 Objetivo geral	76
4.1.2 Objetivos específicos.....	76
4.2. MÉTODOS	77
4.2.1 Caracterização do estudo.....	77
4.2.2 Participantes.....	77
4.2.3 Procedimentos gerais e instrumentos de coleta de dados	79
4.2.4 Análise estatística	79
4.3. RESULTADOS	79
4.4 DISCUSSÃO	86
4.5 CONCLUSÕES	97
CAPÍTULO V	99
SÍNTESE, CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PERSPECTIVA DE FUTUROS ESTUDOS.....	99
5. Síntese, conclusões, limitações e perspectiva de futuros estudos.....	100
REFERÊNCIAS	102
APÊNDICE 1	115
ANEXO I - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES.....	118
ANEXO II - QUESTIONÁRIO TESE.....	122
ANEXO III - IPAQ	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. 1 Dinamômetro isocinético biodex system 3	44
Figura 3. 2 Equipamento de EMG (Trigno Wireless, Delsys, USA)	45
Figura 3. 3 Referências anatômicas para posicionamento dos eletrodos propostos pelo SENIAM.....	45
Figura 3. 4 Localização do nervo femoral.....	46
Figura 3. 5 (A) Aparelho utilizado para eletroestimulação; (B) Eletrodos.	47
Figura 3.6 Medida do torque superimposto induzido pela estimulação elétrica durante a CIVM - Pts = pico de torque superimposto; Ptp = pico de torque isométrico potencial.....	48
Figura 3.7 Modelo de ultrassom utilizado.....	51
Figura 3.8 (A) Representação do gabarito a 50% do comprimento da coxa ; (B) posicionamento do transdutor para a imagem transversal.....	53
Figura 3.9 (A) Representação da área de secção transversa do vasto lateral; (B) representação do ângulo de penação (AP), espessura do músculo(EM) e comprimento do fascículo (CF).	53
Figura 3.10 Histograma da intensidade do eco dentro da AST do VL no sítio médio da coxa (50%).	54
Figura 3.11 Valores médios \pm desvio padrão da: A- área de secção transversa; B- ângulo de penação; C- comprimento do fascículo; D- espessura muscular.....	56
Figura 4. 1 - Valores médios \pm desvio padrão da: A- área de secção transversa; B- ângulo de penação; C- comprimento do fascículo; D- espessura muscular. * diferença significativa entre os grupos (p<0,05).....	82
Figura 4 2 - Valores médios \pm desvio padrão da: A- média da intensidade do eco; B- mediana da intensidade do eco. * diferença significativa entre os grupos (p<0,05) ..	83
Figura 4 3- Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A-nível de ativação voluntária; B- Torque isométrico absoluto; C- Torque isométrico relativo; D- Torque específico. * diferença significativa entre os grupos (p<0,05).	84
Figura 4 4 - Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A-TDT30; B- TDT50; C- TDT100; D- TDT200. * diferença significativa entre os grupos (p<0,05)..	85
Figura 4. 5 - Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A- tempo de contração; B- torque potencial; C- taxa de desenvolvimento de torque potencial; D- tempo de meio relaxamento. * diferença significativa entre os grupos (p<0,05).	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação do índice de massa corporal segundo WHO (2004).....	42
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 3 1. Coeficiente de variação (CV), coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e erro típico de medida (ETM)	52
Tabela 3 2 - Valores médios \pm desvio padrão das características dos participantes.	55
Tabela 4. 1- Valores médios \pm desvio padrão das características dos participantes.....	80
Tabela 4. 2 - Valores absolutos e relativos da escolaridade dos participantes.....	80
Tabela 4. 3 - Valores absolutos e relativos do volume semanal de treinamento e distâncias competitivas, valores médios \pm desvio padrão dos recordes pessoais e nível dos atletas.	81

LISTA DE ABREVIACOES

AST – rea de secção transversa
AP – ngulo de penação
CF – Comprimento do fascículo
CIVM – Contração isométrica voluntária máxima
CV – Coeficiente de variação
EM – Espessura do músculo
ETM – Erro tpico de medida
GAFA – Grupo de adultos fisicamente ativos
GCMA – Grupo de corredores máster
GCA – Grupo de corredores adultos
GCI – Grupo de corredores idosos
GJFA – Grupo de jovens fisicamente ativos
ICC – Coeficiente de correlação intraclasse
IE – intensidade do eco
IMC – ndice de massa corporal
MC – Massa corporal
MMD – Mínima mudana detectável
N.m – Newton.metros
N.m/kg - Newton.metros/quilogramas
N.m/AST - Newton.metros/área de secção transversa
TC – Tempo de contração
TDT30 – taxa de desenvolvimento de torque em 30 milisegundos
TDT50 – taxa de desenvolvimento de torque em 50 milisegundos
TDT100 – taxa de desenvolvimento de torque em 100 milisegundos
TDT 200 – taxa de desenvolvimento de torque em 200 milisegundos
TDTp - taxa de desenvolvimento de torque potencial
TIA – Torque isométrico absoluto
TIE – Torque isométrico específico
TIR – Torque isométrico relativo
TIP – Torque isométrico potencial
TMR – Tempo de meio relaxamento
UA – Unidades arbitrárias

VL – Vasto lateral

VO2MAX – consumo máximo de oxigênio

RESUMO

Alterações no sistema neuromuscular decorrentes do envelhecimento podem resultar em redução da força e potência muscular. Adicionalmente, a arquitetura e qualidade muscular também são afetadas pelo processo natural de envelhecimento. No entanto, tem sido sugerido que o exercício físico realizado ao longo da vida pode atenuar ou mesmo prevenir declínios relacionados à idade na função física. Apesar disso, não está claro até que ponto o treinamento físico crônico predominantemente aeróbio retarda os decréscimos relacionados à idade na função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular. Nesta perspectiva, este projeto é composto por dois estudos distintos, porém complementares, com o objetivo de determinar os efeitos do treinamento físico crônico predominantemente de resistência aeróbia sobre a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular dos extensores do joelho de corredores fundistas masters. No estudo 1, participaram 30 jovens fisicamente ativos (GJFA - $24,3 \pm 3,9$ anos), 24 adultos fisicamente ativos (GAFA - $61 \pm 8,9$ anos) e 41 corredores fundistas masters (GCMA - $58 \pm 5,9$ anos). Foram avaliadas a função neuromuscular dos extensores do joelho (nível de ativação voluntária, torque isométrico absoluto, torque isométrico relativo, torque isométrico específico, taxa de desenvolvimento de torque em 30, 50, 100 e 200 ms, torque potencial, taxa de desenvolvimento de torque potencial, tempo de contração e de $\frac{1}{2}$ relaxamento), a arquitetura muscular (área de secção transversa, ângulo de penação, comprimento do fascículo e espessura muscular do vasto lateral) e qualidade muscular do vasto lateral (média e mediana da intensidade do eco). No estudo 2 participaram 25 corredores adultos (GCA - $53,9 \pm 2,5$ anos) e 16 corredores idosos (GCI - $64,4 \pm 3,5$ anos). As variáveis analisadas foram as mesmas do primeiro estudo. A análise estatística foi realizada inicialmente pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para comparação entre os três grupos do estudo 1, foi utilizada a ANOVA one way para os dados paramétricos, para os não paramétricos foi adotado o teste de Kruskal Wallis. Quando observada diferença significativa entre os grupos, foi aplicado o post hoc de Tukey. Para a comparação dos dois grupos do estudo 2 foi utilizado o teste t de Student para amostras independentes para os dados paramétricos, para os não paramétricos foi adotado o teste de Mann-Whitney. Em todos os cálculos foi determinado um nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados do estudo 1 evidenciaram que o GCMA possui área de secção transversa e ângulo de penação similares ao GJFA. Praticamente todas as variáveis da função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular foram similares entre o GCMA e GAFA, com exceção do ângulo de penação que foi maior no GCMA. Os resultados do estudo 2 revelaram que a função neuromuscular do GCI é similar a do GCA, com exceção do torque isométrico absoluto e da taxa de desenvolvimento de torque em 100 e 200ms, que foi superior no GCA. A arquitetura e qualidade muscular foram superiores no GCA em relação ao GCI. Com base nos achados do presente estudo, é possível sugerir que o treinamento crônico predominantemente aeróbio parece não ser um estímulo suficiente para impedir os declínios relacionados ao envelhecimento primário, mas pode ser uma alternativa eficaz para a manutenção de alguns aspectos da função neuromuscular e arquitetura muscular, apesar das alterações na qualidade muscular.

Palavras chave: corrida, atleta máster, função neuromuscular, arquitetura muscular, qualidade muscular.

ABSTRACT

Changes in neuromuscular system due to aging can reduce strength and muscle power. Additionally, muscle architecture and quality are also affected by natural aging process. However, it has been suggested that lifelong physical exercise may attenuate or even prevent age-related declines in physical function. Nevertheless, it is still uncertain to what extent chronic and predominantly aerobic physical training delay age-related decreasing in neuromuscular function, architecture, and muscle quality. In this perspective, this project is composed of two distinct but complementary studies, with the objective of determining the effects of chronic endurance training on the neuromuscular function of knee extensors, muscle architecture and muscular quality of vastus lateralis of master runners. In study 1, participated 30 physically active youths (GJFA - 24.3 ± 3.9 years), 24 physically active adults (GAFA - 61 ± 8.9 years) and 41 master - runners (GCMA - 58 ± 5.9 years). Were evaluated neuromuscular function of knee extensor (voluntary activation level, absolute isometric torque, relative isometric torque, specific isometric torque, rate of torque development at 30, 50, 100 and 200 ms, potential torque, potential rate of torque development, contraction time and half relaxation time) muscle architecture (cross-sectional area, pennation angle, fascicle length, and muscle thickness vastus lateralis) and muscular quality of vastus lateralis (mean and median of echo intensity). In study 2, there were 25 adult runners (GCA - 53.9 ± 2.5 years) and 16 elderly runners (GCI - 64.4 ± 3.5 years). The variables analyzed were the same for the both studies. Statistical analysis was performed initially by the Shapiro-Wilk normality test. For comparison between the three groups in study 1, one way ANOVA was used for the parametric data, the Kruskal Wallis test was used for non-parametric data. When a significant difference was observed, the Tukey post hoc was used. For the comparison of the two groups of study 2, the Student's t-test was used for independent samples for the parametric data, the Mann-Whitney test was used for the non-parametric ones. A significance level of $p < 0.05$ was set in all calculations. The results of study 1 showed that GCMA has a cross-sectional area and a pennation angle similar to GJFA. Practically all variables of neuromuscular function, architecture and muscle quality were similar between GCMA and GAFA, except for the pennation angle which was higher in GCMA. The results of study 2 revealed that the neuromuscular function of GCI is similar to that of GCA, with the exception of absolute isometric torque and the rate of torque development in 100 and 200ms which was higher in GCA. The architecture and muscular quality were superior in the GCA in relation to the GCI. Based on the findings of the present study it is possible to suggest that chronic endurance training does not appear to be a sufficient stimulus to prevent declines related to primary aging but can be an effective alternative for the maintenance of some aspects of neuromuscular function and muscular architecture, despite changes in muscle quality.

Key words: running, master athlete, neuromuscular function, muscle architecture, muscle quality.

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO GERAL

1. INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento, inerente aos seres vivos, é conceituado como a redução da capacidade de adaptação ao meio, e conseqüentemente, redução da funcionalidade, podendo resultar em dificuldades para realizar as atividades da vida diária (SKELTON, 2006). Trata-se de um processo natural e complexo, influenciado por muitos fatores que podem ser classificados como intrínsecos, por exemplo, fatores genéticos (envelhecimento primário) e extrínsecos, como os psicossociais e ambientais (envelhecimento secundário) (GLATT et al., 2007).

O número de pessoas com idade superior a 60 anos em todo o mundo deve se aproximar dos 2 bilhões em 2050. O grupo etário ≥ 80 anos (incluindo os centenários) é o que apresenta a expansão mais rápida entre os ocidentais e deverá aumentar em 387% até o ano de 2030 (NATIONS, 2017). No Brasil, segundo dados do IBGE (2014), estima-se que o número de idosos deverá superar o de crianças e adolescentes em cerca de quatro milhões em 2050, sendo que o número de pessoas acima de 60 anos de idade deverá chegar a aproximadamente 88,6 milhões.

Apesar da expectativa de vida estar aumentando, um grande número de pessoas acaba sofrendo com diferentes comorbidades relacionadas à idade (SEALS; JUSTICE; LAROCCA, 2016). Em partes, isso está relacionado ao fato de que a maioria dos adultos mais velhos reduz o nível de atividade física com o passar dos anos (BLAIR, 2009). Frequentemente, isso é acompanhado da presença de pelo menos uma doença crônica (HUNG et al., 2011).

Além dessa do aumento da expectativa de vida da população, tem-se observado uma maior participação de pessoas acima de 50 anos em programas de treinamento com objetivo competitivo (DONATO et al., 2003; RANSDELL; VENER; HUBERTY, 2009a; TANAKA; SEALS, 2003; WILLY; PAQUETTE, 2019). Nesse contexto, tem sido sugerido que o treinamento físico realizado ao longo da vida pode atenuar ou até mesmo prevenir declínios da função física relacionados ao envelhecimento (MCKENDRY et al., 2018; WILLY; PAQUETTE, 2019).

O atleta máster ou veterano, como tem sido proposto na literatura, é conceituado como sendo o indivíduo que treina sistematicamente e participa de formas

organizadas de esporte competitivo projetado, em nível local, regional, nacional ou internacional, especificamente para adultos mais velhos (DEL VECCHIO, 2016; REABURN; DASCOMBE, 2008, 2009).

As competições para atletas masters, organizadas por confederações nacionais, federações regionais ou por associações de atletas, apresentam constantemente bom nível técnico, sendo que alguns atletas com idades para participação em eventos das categorias masters mais novas ainda mantêm carreiras competitivas em algumas modalidades, participando de campeonatos mundiais absolutos ou até mesmo de Jogos Olímpicos, com resultados bastante expressivos (CONCANNON; GRIERSON; HARRAST, 2012; TRAPPE, 2001).

Sendo assim, esse público pode oferecer uma importante fonte de investigação científica para se determinar a taxa de declínio físico-funcional associada ao envelhecimento em homens e mulheres fisicamente aptos, sendo essa população considerada por vários autores como um modelo de estudo para o envelhecimento bem-sucedido (HAWKINS; WISWELL; MARCELL, 2003; HEO et al., 2012). Levando em consideração seus níveis de atividade física e rotinas de treinamento, com o estudo do atleta master torna-se possível um melhor entendimento sobre a contribuição de envelhecimento primário e secundário no declínio da saúde relacionado à função neuromuscular, arquitetura muscular e qualidade muscular, bem como avaliar o papel do exercício físico praticado por muitos anos de forma sistematizada (HARRIDGE; LAZARUS, 2017; LAZARUS, 2007; TANAKA; SEALS, 2003).

De fato, eles são menos influenciados pelo envelhecimento secundário do que a população em geral no que diz respeito à incidência de doenças cardiovasculares, diabetes, além da proporção de fumantes ser menor (LAZARUS, 2007; TANAKA; SEALS, 2003). Estudos recentes têm evidenciado que o exercício físico crônico, especificamente o de resistência aeróbia, pode atenuar os efeitos adversos do envelhecimento (GARATACHEA, 2014a; MCKENDRY et al., 2018), reduzir a mortalidade e aumentar a expectativa de vida da população (GARATACHEA, 2014b; GARRIDO et al., 2010; LEE et al., 2017; LEMEZ; BAKER, 2015).

Apesar disso, a maioria dos estudos com o atleta máster de modalidades esportivas predominantemente de resistência aeróbia, tem investigado variáveis

cardiorrespiratórias e metabólicas (BROSKEY et al., 2014; HAYES; GRACE; SCULTHORPE, 2013; KATZEL; SORKIN; FLEG, 2001; KUSY, 2014; REABURN; DASCOMBE, 2008; TANAKA; SEALS, 2008). Os estudos que se dedicaram a investigar variáveis neuromusculares, arquitetura e qualidade muscular em corredores fundistas máster são mais escassos e os resultados são controversos no que diz respeito aos benefícios obtidos por esse tipo de treinamento (BRISWALTER; NOSAKA, 2013a; DREY; MCPHEE, 2014; MCKENDRY et al., 2018; SIPILA et al., 1991). Além disso, os estudos existentes têm comparado os atletas masters apenas com seus pares sedentários ou com jovens, e, como já era de se esperar, os resultados apontaram superioridade dos atletas em relação aos sedentários (KARAMANIDIS; ARAMPATZIS, 2005, 2006; MAU-MOELLER et al., 2013). Entretanto, a comparação entre atletas masters, expostos às rotinas de treinamento sistematizado com indivíduos de mesma faixa etária, fisicamente ativos, porém não atletas, ainda não foi realizada. Além disso, os níveis de atividade física entre os participantes dos estudos encontrados não são equivalentes, o que dificulta uma melhor compreensão sobre o papel do treinamento físico no processo de envelhecimento. Em apenas um estudo, que foi realizado com indivíduos fisicamente ativos, mas sem treinamento sistematizado, houve a equiparação do nível de atividade física (BARONI et al., 2013).

Adicionalmente, os estudos existentes na literatura avaliaram a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular de forma isolada. Não foram encontrados estudos que avaliassem essas variáveis simultaneamente. Levando em consideração que as alterações neurais precedem as músculo-esqueléticas e a importância das mesmas tanto para o desempenho esportivo nas provas de longa distância como para um bom desempenho em atividades básicas da vida diária, é relevante analisá-las em conjunto para um melhor entendimento sobre as alterações relacionadas ao envelhecimento da função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular.

Portanto, se faz relevante comparar os corredores fundistas masters com seus pares fisicamente ativos e também entre grupos etários de corredores masters que apresentem características similares de rotina de treinamento para verificar possíveis adaptações específicas geradas pela prática da corrida de longa distância

durante vários anos da vida, ao mesmo tempo em que se controla o nível de atividade física como uma variável de confusão no estudo do envelhecimento.

Levando em consideração o que foi exposto acima, surgem alguns questionamentos:

O que distingue corredores fundistas masters de seus pares fisicamente ativos e jovens fisicamente ativos em relação à função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular?

O que distingue corredores fundistas masters de meia idade de corredores fundistas masters idosos em relação à função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular?

Espera-se com o presente estudo compreender em que medida o treinamento físico crônico de corrida predominantemente aeróbica preserva a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular, levando em consideração a grande importância na busca de contramedidas adequadas para as alterações relacionadas ao envelhecimento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Determinar os efeitos do treinamento físico crônico predominantemente de resistência aeróbia sobre a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular dos extensores do joelho de corredores fundistas másters.

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular entre corredores fundistas masters, adultos fisicamente ativos e jovens fisicamente ativos.
- Comparar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular entre corredores fundistas de meia-idade e idosos.

1.2.3 Hipótese central do estudo

A hipótese central do estudo é que as alterações naturais do envelhecimento na função neuromuscular, arquitetura muscular e qualidade muscular dos extensores do joelho podem ser minimizadas pelo treinamento crônico de corrida predominantemente de resistência aeróbica.

Em relação ao primeiro objetivo específico foram testadas as seguintes hipóteses:

H1 – Os corredores masters apresentarão melhor função neuromuscular do que seus pares fisicamente ativos e similar a dos jovens fisicamente ativos.

H2 - Os corredores masters apresentarão maiores valores de área de secção transversa, ângulo de penação, comprimento do fascículo e espessura do músculo do que seus pares fisicamente ativos, e similar a dos jovens fisicamente ativos.

H3 - Os corredores masters apresentarão melhor qualidade muscular do que seus pares fisicamente ativos e similar a dos jovens fisicamente ativos.

Em relação ao segundo objetivo específico outras três hipóteses foram testadas:

H4 – Os corredores idosos apresentarão função neuromuscular similar a dos corredores adultos.

H5 - Os corredores idosos apresentarão valores de área de secção transversa, ângulo de penação, comprimento do fascículo e espessura do músculo similar a dos corredores adultos.

H6 - Os corredores idosos apresentarão qualidade muscular similar a dos corredores adultos.

1.2.4 Estrutura e composição da tese de doutorado

A presente tese de doutorado está estruturada no modelo alternativo, sendo composta por dois estudos para a submissão em periódicos revisados por pares e contém: a) introdução contextualizando o problema, justificativa e objetivos da pesquisa; b) capítulo de revisão de literatura, apresentando o estado da arte no tema de pesquisa; c) estudos que compõem a tese: cada estudo contém objetivo geral e específicos, metodologia, resultados, discussão e conclusão. O Estudo 1 compara e avalia as diferenças na função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular, entre corredores fundistas masters, adultos fisicamente ativos e jovens fisicamente ativos. O Estudo 2 compara a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular entre dois grupos etários de corredores fundistas masters (50-59 x >60 anos); d) capítulo com as conclusões e repercussões da pesquisa; e) lista de referências em ordem alfabética; e f) anexos e/ou apêndices.

Assim, a tese é composta por cinco capítulos, conforme detalhado a seguir na Figura 1.1 .

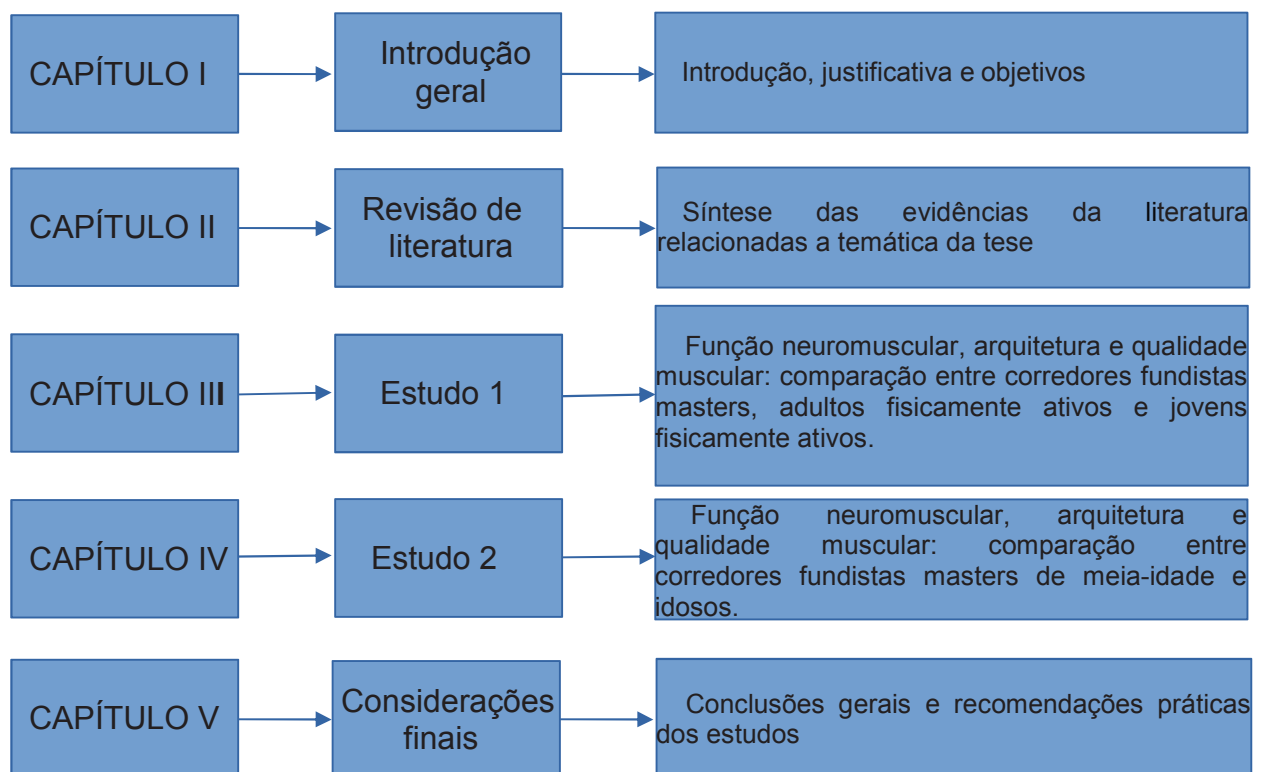


Figura 1.1 Fluxograma relacionado à forma e conteúdos da tese.

A seleção amostral foi constituída por duas etapas, conforme detalhado na Figura 1.2. Participaram do estudo 1 noventa e cinco indivíduos que foram distribuídos em três grupos: jovens fisicamente ativos, adultos fisicamente ativos e corredores másters. Do estudo 1 foram selecionados apenas os corredores másters, que foram distribuídos em dois grupos etários: corredores adultos e corredores idosos.

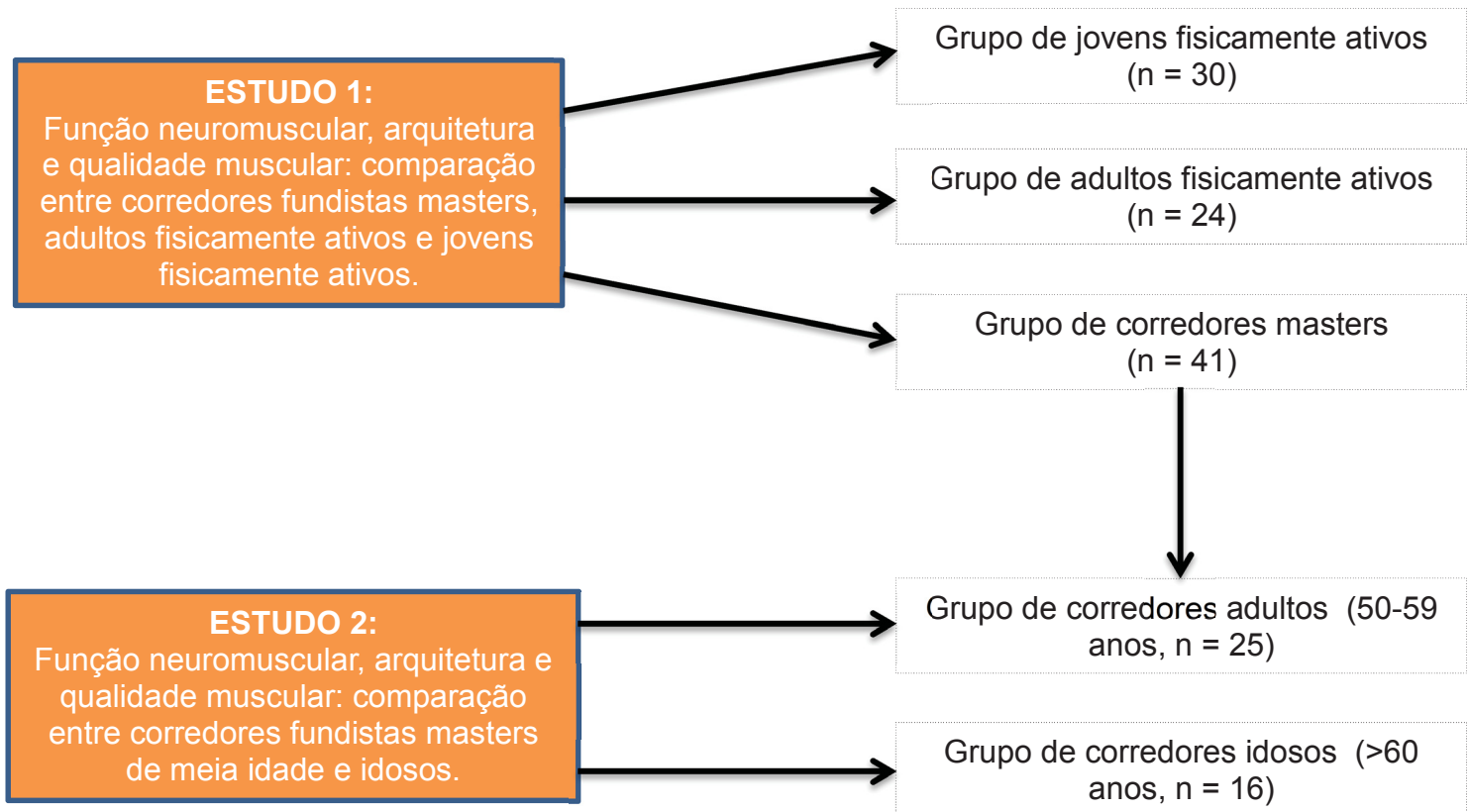


Figura 1.2 Distribuição dos participantes nos estudos que compõem a tese.

CAPÍTULO II
REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo será apresentada uma revisão de literatura sobre o atleta máster como uma população modelo de envelhecimento bem-sucedido, posteriormente serão mostrados aspectos da função neuromuscular e envelhecimento, tanto no que diz respeito ao envelhecimento da população em geral, como também o envelhecimento do atleta máster. Na sequência, serão apresentados aspectos de arquitetura muscular e envelhecimento, tanto o primário, quanto aquele relacionado à influência do exercício físico crônico realizado durante muitos anos da vida. Por fim, serão apresentados aspectos relacionados à qualidade muscular e envelhecimento.

2.1 O ATLETA MASTER COMO POPULAÇÃO MODELO

A maioria das pesquisas que envolviam os fatores que contribuem para o declínio funcional decorrente do envelhecimento era realizada com a população saudável ou com sedentários. Atualmente, tem-se dado maior atenção aos indivíduos que possuem altos níveis de atividade física, sendo esses aceitos na literatura como uma população modelo e tidos como o melhor grupo controle em pesquisas que envolvem o envelhecimento físico-funcional, pois nessa população é possível analisar separadamente os efeitos do envelhecimento primário/natural dos fatores secundários relacionados ao estilo de vida (KUSY, 2014; LEYK et al., 2010; RANSDELL; VENER; HUBERTY, 2009a).

O atleta master é o indivíduo adulto com idade superior a 35 anos de idade que treina sistematicamente e participa de competições de nível local, regional, nacional ou internacional (DEL VECCHIO, 2016; DONATO et al., 2003; REABURN; DASCOMBE, 2008). As competições para esses atletas apresentam um bom nível técnico, sendo que alguns participam de campeonatos mundiais absolutos ou até mesmo de Jogos Olímpicos, com resultados bastante elevados (CONCANNON; GRIERSON; HARRAST, 2012; TRAPPE, 2001).

Além disso, o atleta master continua mantendo altos níveis de atividade física por décadas, chegando a realizar 3-6 sessões de treinamento semanais em intensidades elevadas (TANAKA; SEALS, 2003). Adicionalmente, os atletas masters

não só possuem níveis de aptidão física mais elevados que seus pares sedentários, mas também atingem níveis extremos de desempenho esportivo (AKKARI, SAMANDA; MACHIN, DANIEL; TANAKA, 2015; TANAKA; SEALS, 2003). De fato, estudos recentes têm apontado inclusive que o treinamento físico predominantemente de resistência aeróbia realizado por décadas pode atenuar os efeitos adversos do envelhecimento, reduzir a mortalidade e aumentar a expectativa de vida da população (GARATACHEA, 2014b; LEMEZ; BAKER, 2015).

Conseqüentemente, algumas variáveis relacionadas ao estilo de vida que podem acelerar o envelhecimento primário parecem afetar menos o atleta master do que a população em geral (HUGHES et al., 2001). Portanto, o atleta máster pode ser adotado como um modelo adequado para o estudo das alterações da função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular relacionadas ao envelhecimento.

2.2 ENVELHECIMENTO E FUNÇÃO NEUROMUSCULAR

O envelhecimento é um processo biológico natural, inerente a todos os seres vivos, como consequência da passagem dos anos. Isso acaba levando a uma redução da capacidade de adaptação ao meio, da funcionalidade, o que em última instância resulta em dificuldades para realizar as atividades da vida diária (VERAS, 2009).

No entanto, o processo de envelhecimento é individual e variável e depende de condições genéticas, estilo de vida e presença de doenças, assim como fatores do meio externo, psíquicos e socioculturais. Alguns desses fatores, principalmente aqueles relacionados ao estilo de vida podem ser melhorados, como por exemplo, a prática regular de exercícios físicos. Assim, a qualidade do envelhecimento é resultado da associação entre os fatores relacionados anteriormente, sendo determinante para o envelhecimento bem-sucedido ou patológico (FARINATTI; VERAS, 2002; SANTOS, 2009)

Por volta da terceira década de vida, a função neuromuscular atinge o seu ápice, mantendo-se relativamente estável até aproximadamente a quinta década de vida. A partir de então, várias alterações neuromusculares passam a ocorrer de forma mais acentuada, o que levará a importantes implicações na função

neuromuscular (HAKKINEN, K; PAKARINEN, A; KRAEMER, W.J.; VALKEINEN, H; ALEN, 2001; POWER; DALTON; RICE, 2013; VANDERVOORT, 2002).

Durante o processo de envelhecimento existe uma redução gradual dos neurônios motores devido à apoptose, reduzida sinalização do fator de crescimento semelhante à insulina I (IGF-1), elevadas quantidades de citocinas circulantes (TNF- α , TNF- β , interleucina-6) bem como aumento do estresse oxidativo celular (AAGAARD et al., 2010).

A perda relacionada à idade dos neurônios motores leva a um declínio no número e tamanho da fibra muscular, principalmente em fibras do tipo II, resultando em desempenho muscular mecânico reduzido (redução da força muscular máxima, potência e taxa de desenvolvimento de torque) que se traduz em uma capacidade funcional reduzida durante as atividades básicas da vida diária (CLARK; MANINI, 2010; CLARK; TAYLOR, 2011; CURCIO, F; FERRO, G; BASILE, C; LIGUORI, I; PARRELLA, P; PIROZZI, 2016).

Em conjunto, esses comprometimentos parecem afetar a condução eferente (drive neural) ao músculo esquelético, conseqüentemente, a capacidade de produção de força (KLASS et al., 2008; UNHJEM et al., 2016; UNHJEM; LUNDESTAD; FIMLAND, 2015). Além disso, a redução da condução eferente pode levar a um nível de ativação voluntária reduzida (CLARK; TAYLOR, 2011; HARRIDGE, S; KRYGER, A; STENSGAARD, 1999; MAU-MOELLER et al., 2013; MORSE et al., 2004).

Adicionalmente, as respostas mecânicas ao torque potencial (twitch torque) sugerem que a integridade do acoplamento excitação-contração se altera com a idade (CONNELLY et al., 1999; VANDERVOORT; MCCOMAS, 1986). Geralmente, a resposta mecânica de amplitude máxima (torque potencial) diminui com a idade, enquanto os tempos de contração e meio relaxamento aumentam (SIMONEAU; MARTIN; HOECKE, 2005).

Estudos longitudinais que avaliam a força máxima apontam que, em média, existe uma redução 1- 1,5% ao ano após a sexta década de vida (DELMONICO et al., 2009; FRONTERA et al., 2000a; HUGHES et al., 2001). Assim, há uma redução de 10-20% da massa muscular esquelética até aproximadamente a sétima década de vida, com uma redução ainda mais drástica na década seguinte, que ocorre

principalmente por meio da redução do número de unidades motoras (AAGAARD et al., 2010; VANDERVOORT, 2002).

Em nível funcional, existe um declínio da força muscular isométrica e dinâmica durante o envelhecimento (SIPILA et al., 1991), conseqüentemente, uma redução na capacidade do músculo de resistir à fadiga (PETRELLA et al., 2005), podendo acarretar limitações no nível de independência da pessoa idosa (CLARK; MANINI, 2010; POWER; DALTON; RICE, 2013). Para o idoso sedentário, a capacidade diminuída para realizar atividades básicas da vida diária, como por exemplo, sentar-se e levantar-se de cadeiras, subir escadas, caminhar, assim como reagir rapidamente a perturbações inesperadas no equilíbrio postural levam a uma redução do nível de independência (AAGAARD, PER; MAGNUSSON, P.S.; LARSSON, BENNY; KJAER, MICHAEL; KRUSTRUP, 2007). Por outro lado, um bom desempenho neuromuscular está associado com a habilidade em realizar atividades da vida diária, bem como à redução do risco de quedas (ARNOLD; GYURCSIK, 2012; WICKHAM; WALSH, 1989).

Nesse contexto, é difícil compreender qual é a contribuição relativa do envelhecimento primário e secundário no declínio relacionado à idade na função neuromuscular, tendo em vista que um aspecto do envelhecimento secundário que é considerada particularmente influente é o nível de atividade física habitual (MCKENDRY et al., 2018), e a maioria dos adultos mais velhos reduzem esses níveis com o avançar da idade (BLAIR, 2009). Portanto, o estudo da função neuromuscular do corredor master pode fornecer informações importantes sobre o processo de envelhecimento sem a interferência dos diversos problemas relacionados ao sedentarismo. Entretanto, poucos estudos foram realizados com esse público com o intuito de estabelecer associações entre o treinamento físico predominantemente aeróbico realizado durante muitos anos da vida e características da função neuromuscular (LOUIS et al., 2009; MCKENDRY et al., 2018).

Estudo realizado por Sipila e Suominen (1991) com atletas idosos de 70-81 anos provenientes de diferentes modalidades esportivas e regimes de treinamento, teve como objetivo investigar associações entre o treinamento físico de longo prazo e características da força muscular isométrica para preensão manual e flexores do cotovelo, joelho e tronco. Os participantes foram divididos em três grupos: grupo 1 - treinados em força, composto por arremessadores/lançadores e levantadores de

peso olímpico; grupo 2 - treinados em velocidade, composto por velocistas e saltadores; grupo 3 - treinados em resistência aeróbica, composto por corredores fundistas, corredores de orientação e esquiadores de cross-country. Um quarto grupo de idosos não atletas foi formado para servir de grupo controle. Foi evidenciado que os atletas, independentemente da modalidade esportiva, possuem maiores valores de força em relação ao grupo controle de mesma faixa etária.

Em contrapartida, outros estudos demonstraram que os atletas masters possuem redução na força similar ao observado em população sedentária de mesma faixa etária, sugerindo que existe um pequeno ou nenhum benefício obtido com o treinamento de resistência de resistência aeróbia na manutenção da contração isométrica voluntária máxima (MARCELL, TAYLOR J; HAWKINS, STEVEN A.; WISWELL, 2014; POWER et al., 2010, 2016). Apenas os atletas que realizam treinamento de força, por exemplo, os levantadores de peso, parecem possuir maiores níveis de força e função muscular do que indivíduos sedentários, podendo inclusive apresentar níveis mais elevados do que jovens fisicamente ativos (KLITGAARD, H. MANTONI, M. SCHIAFFINO, S. AUSONI, S. GORZA, L. LAURENT- WINTER, 1990; MAU-MOELLER et al., 2013; UNHJEM et al., 2016; UNHJEM; LUNDESTAD; FIMLAND, 2015).

As divergências entre os resultados dos estudos encontrados parecem estar relacionadas com o nível esportivo dos atletas analisados que é bastante heterogêneo, visto que os protocolos de avaliação são similares entre os estudos, assim como os volumes de treinamento e o tempo de prática em anos.

Por exemplo, no estudo de Power apesar de os atletas participantes estarem ranqueados entre os três melhores do mundo, participaram do estudo apenas 6 atletas provenientes de diferentes modalidades do atletismo (80m, 100m, 1500m, maratona e pentatlon). Já nos estudos de Tarpening, Marcel e Karamanidis não foram encontradas informações claras sobre o nível esportivo dos corredores participantes do estudo, o que torna difícil fazer inferências.

Portanto, é necessário analisar grupos mais homogêneos de corredores fundistas masters a fim de elucidar melhor a questão das adaptações relacionadas à especificidade do estímulo predominantemente de resistência aeróbia e suas

possíveis implicações nas alterações da função neuromuscular relacionadas ao envelhecimento.

2.3 ENVELHECIMENTO E ARQUITETURA MUSCULAR

O envelhecimento está relacionado com uma progressiva remodelação do sistema neuromuscular que tem implicações sobre a massa muscular, força e potência muscular. Sendo assim, a sarcopenia não envolve somente uma redução pura na área de secção transversal do músculo e volume, mas também na remodelação da arquitetura muscular (NARICI et al., 2003; NARICI; MAFFULLI, 2010).

A arquitetura muscular tem sido definida como o arranjo macroscópico das fibras musculares dentro de um músculo em relação ao seu eixo de geração de força, podendo ser considerada o determinante primário da função muscular. Os principais parâmetros da arquitetura muscular são o ângulo de penação (AP), a área de secção transversa fisiológica e anatômica do músculo (ASTF e ASTA), a espessura muscular (EM) e o comprimento do fascículo (CF) (LIEBER; FRIDÉN, 2001; TIMMINS et al., 2016).

O ângulo de penação é o ângulo formado entre os fascículos musculares e a aponeurose interna, cuja orientação coincide com a linha de tração do músculo (FUKUNAGA et al., 1997). Na dependência do tipo de disposição das fibras musculares, o ângulo de penação varia de 0° em músculos paralelos até aproximadamente 30°, nos músculos penados (LIEBER; FRIDÉN, 2001). Por ser bastante variável ao longo do comprimento do próprio músculo, expondo a aponeurose a diferentes direções de tração, a sua quantificação requer a estimativa do respectivo valor médio (ANDRIKOULA et al., 2006) ou a determinação precisa dos pontos anatômicos onde é efetuada a medida (ALEGRE et al., 2006; BLAZEVIČH; GILL; ZHOU, 2006). O comprimento dos fascículos é considerado, nos músculos penados, como sendo a distância linear entre a origem do fascículo na aponeurose interna e a respectiva inserção na aponeurose externa (epimísio). Nos músculos fusiformes, onde a direção dos fascículos é a mesma da linha de tração muscular, esta variável é a distância entre as junções músculo-tendinosas proximal e distal, o que implica, normalmente, maior amplitude de encurtamento e velocidade

de contração elevada. Isto se deve ao fato de que os sarcômeros dos músculos fusiformes têm a sua maior disposição em série (fascículos longos), o que permite maior amplitude de excursão e, conseqüentemente, maior velocidade de encurtamento ou alongamento. Dessa forma, o comprimento do fascículo é considerado uma variável importante das propriedades contráteis do músculo, pois está relacionada à velocidade de contração muscular (ABE; KUMAGAI; BRECHUE, 2000; NOORKOIV M, K. N. BLAZEVIK, 2010).

A espessura muscular é um indicador indireto da área de secção transversal e do volume muscular (MIYATANI et al., 2004), sendo definida como a distância perpendicular entre as aponeuroses interna e externa normalmente medida no local de maior diâmetro muscular. A estimativa da área de secção transversal e do volume muscular envolve o uso de modelos matemáticos baseados na aproximação do músculo à forma cilíndrica, utilizando-se também de medidas antropométricas como o comprimento do segmento ou a medida da sua perimetria (FUKUNAGA et al., 2001).

Tanto o volume muscular como a área de secção transversa são variáveis de fundamental importância em estudos que investigam os efeitos do uso aumentado na plasticidade da arquitetura muscular e das características mecânicas de produção de força. A área de secção transversal fisiológica (ASTF) depende da distribuição e alinhamento geométrico, sendo o somatório dos diâmetros de todas as fibras musculares individuais. Em músculos fusiformes, a ASTF é igual a área de secção transversal anatômica (ASTA) e resulta da razão entre o volume muscular e o comprimento das fibras. Em músculos onde as fibras atuam com um determinado ângulo de penetração, a ASTF resulta do produto entre a ASTA e o cosseno do respectivo ângulo de penetração. O volume muscular *in vivo* pode ser estimado a partir do princípio de Cavalieri (INFANTOLINO et al., 2007), que considera que o volume de qualquer objeto pode ser estimado a partir de um conjunto de secções bidimensionais, desde que sejam planas e paralelas, e separadas entre si por uma distância dada. Dessa forma, a estimativa do volume total do músculo se dá pelo somatório de todos os volumes segmentares, calculados pelo produto entre as áreas de secção transversal e a distância entre elas.

O AP e a ASTF/ASTA estão diretamente relacionados à máxima força de contração, enquanto que o comprimento do fascículo é positivamente relacionado com a velocidade de contração do músculo (BINZONI et al., 2001). Tem sido demonstrado que o AP, a ASTF/ASTA, a espessura muscular e o comprimento do fascículo podem variar em função da idade (BERNARD et al., 2010), do comprimento muscular e da intensidade da contração muscular (KANNAS; KELLIS; ARAMPATZI, 2010), do músculo analisado (KAWAKAMI; FUKUNAGA, 2006), do sexo e do tipo de treinamento físico (BLAZEVICH; GILL; ZHOU, 2006), além de diferentes condições patológicas (MOHAGHEGHI; CENTRE, 2008).

Uma série de alterações na arquitetura do músculo esquelético relacionadas ao envelhecimento podem ser analisadas *in vivo* com a aplicação de técnicas de imagem como ressonância magnética nuclear, tomografia computadorizada, ou ainda a ultrassonografia. A ultrassonografia tem sido reportada como uma técnica bastante importante no estudo da arquitetura musculatura esquelética por ser considerada uma técnica de medida confiável e de baixo custo para aquisição de imagens do tecido muscular, ósseo e adiposo que permite avaliar adaptações e alterações do músculo esquelético (GOMES et al., 2010; LIMA; OLIVEIRA, 2013; LIXANDRAO et al., 2014; NOORKOIV M, K. N. BLAZEVICH, 2010), induzidas pelo treinamento físico (AAGAARD et al., 2001) e pelo envelhecimento (BENJAFIELD; KILLINGBACK; ROBERTSON, 2015; KUBO et al., 2003).

Algumas das alterações observadas na arquitetura muscular durante o processo de envelhecimento são as reduções da área de secção transversa anatômica e fisiológica do músculo, comprimento dos fascículos, ângulo de penetração e espessura do músculo, além de redução na qualidade muscular, ou seja, a força produzida por unidade de massa muscular (AAGAARD et al., 2010). Adicionalmente, sabe-se que as alterações na arquitetura muscular decorrentes do envelhecimento correlacionam-se fortemente com a função muscular, funcionalidade, tendência de quedas e efeitos do treinamento físico (FUKUMOTO; IKEZOE; YAMADA, 2012; HARRIS-LOVE et al., 2014; PILLEN, 2010).

Nesse contexto, alguns estudos foram conduzidos com o objetivo de analisar alterações na arquitetura muscular durante o envelhecimento e em pessoas com diferentes níveis de atividade física. No estudo realizado por Kubo et al. (2003), a

arquitetura muscular foi comparada entre quatro grupos: homens jovens com idade entre 20-39 anos, mulheres jovens com idade entre 20-39 anos, homens idosos com idade entre 60-85 anos e mulheres idosas com idade entre 60-85 anos. Os resultados indicaram que existe redução significativa na espessura muscular do vasto lateral durante o envelhecimento, além disso, diferenças significativas foram reportadas entre os gêneros no comprimento do fascículo do vasto lateral.

Em outro estudo, foi investigado a relação entre a habilidade de caminhar e a espessura de músculos dos membros inferiores de mulheres jovens de $19,8 \pm 0,8$ anos e mulheres idosas de $85,5 \pm 6,3$ anos. Foi constatado que os idosos que são capazes de se locomover de forma independente possuem grau moderado de atrofia muscular, enquanto que aqueles que não andam possuem grau de atrofia mais severo, principalmente no quadríceps femoral (IKEZOE; MORI; NAKAMURA, 2010).

Por outro lado, alguns estudos foram realizados no sentido observar adaptações na arquitetura muscular decorrentes do processo de treinamento físico crônico. No estudo de Abe et al.(2000), foram comparadas características da arquitetura de músculos dos membros inferiores de corredores velocistas de nível internacional ($21,0 \pm 2,3$ anos), corredores fundistas de nível internacional ($22,4 \pm 2,3$ anos; 13,5–14,5 min nos 5000 m) e estudantes destreinados ($20,9 \pm 2,07$ anos). Constatou-se que os corredores fundistas possuem um maior ângulo de penação e menor comprimento do fascículo do que os velocistas, o que parece acontecer por influência específica da modalidade.

Em se tratando de corredores fundistas masters, notadamente os mais velhos (>50 anos), apenas no estudo de Sipila (1991) foi analisada a espessura muscular e a área de secção transversa, portanto ainda não está claro se o treinamento físico predominantemente aeróbio pode minimizar as alterações da arquitetura muscular relacionadas ao envelhecimento.

2.4 ENVELHECIMENTO E QUALIDADE MUSCULAR

Além da redução da massa muscular observada com o envelhecimento, outra alteração importante é o aumento de tecido não contrátil dentro do músculo. Enquanto que nos jovens o tecido conectivo e a gordura intramuscular representam

apenas 6% da área muscular total, nos idosos este valor atinge aproximadamente 14% a 16% da área muscular em mulheres e homens, respectivamente (DELMONICO et al., 2009). O aumento da gordura intramuscular está associado à redução da força, pois significa que uma parte importante do tecido muscular está sendo substituída por tecido não contrátil, e conseqüentemente não contribui para a produção de força (FRONTERA et al., 2000b). Além disso, sabe-se que a gordura intramuscular é um importante preditor da função muscular e mobilidade em idosos, bem como algumas condições patológicas como acidente vascular cerebral, diabetes e doença pulmonar obstrutiva crônica (ADDISON et al., 2014). De fato, homens mais velhos possuem conteúdo de gordura infiltrada superior a homens jovens e essa infiltração lipídica excessiva independe da área transversal do músculo (FRAGALA; KENNY; KUCHEL, 2015; POLLOCK et al., 2018).

A qualidade muscular pode ser avaliada por meio de ultrassonografia, um método não-invasivo, de fácil acesso e seguro, no qual a intensidade de eco (IE) representa mudanças causadas pelo aumento do tecido fibroso e adiposo intramuscular, ou seja, tecidos que criam ecos mais brilhantes são chamados de hiperecóticos (alta ecogenecidade) enquanto tecidos que criam ecos menos brilhantes são classificados como hipoecóticos (baixa ecogenecidade) (FUKUMOTO; IKEZOE; YAMADA, 2012; YOUNG et al., 2015).

O tecido muscular possui baixa ecogenecidade enquanto o tecido adiposo intramuscular e o tecido conjuntivo apresentam alta ecogenecidade. Assim, a IE é uma medida do reflexo das ondas sonoras emitidas para o tecido e é causada principalmente pelo aumento da gordura e tecido conjuntivo sendo determinado pela análise da escala de cinza (FRAGALA; KENNY; KUCHEL, 2015; WILHELM; RECH, 2014), onde quanto maior a IE de uma região muscular avaliada, menor será a qualidade muscular (YOUNG et al., 2015).

Em adultos idosos, a IE tem se correlacionado com limiares ventilatórios em teste que avaliam a potência aeróbia, velocidade da marcha, taxa de desenvolvimento de força, teste de sentar e levantar em 30 segundos e força máxima (CADORE et al., 2012). Dessa forma, existem fortes evidências de que intensidade do eco e a espessura muscular são bons preditores de função muscular em adultos (STOCK et al., 2016) e idosos (RECH et al., 2014).

Em se tratando de atletas masters, apenas um estudo utilizou essa variável para comparar a IE entre atletas masters de diferentes modalidades (resistência, potência) e idosos sedentários e chegou à conclusão de que a intensidade do eco foi menor nos dois grupos de atletas do que nos idosos não treinados (SIPILA; SUOMINEN, 1991) (SIPILA; SUOMINEN, 1991). Portanto, são necessários mais estudos para elucidar as questões inerentes ao nível de atividade física e a intensidade do eco.

CAPÍTULO III

ESTUDO 1

FUNÇÃO NEUROMUSCULAR, ARQUITETURA E QUALIDADE MUSCULAR: COMPARAÇÃO ENTRE CORREDORES FUNDISTAS MASTERS, ADULTOS FISICAMENTE ATIVOS E JOVENS FISICAMENTE ATIVOS

3.1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento está associado a uma variedade de alterações no sistema neuromuscular que são mais evidentes a partir da quinta década de vida, e afetam especialmente os membros inferiores dos homens e mulheres (CLARK; TAYLOR, 2011). Essas alterações incluem redução gradual de neurônios motores devido à apoptose, redução da excitabilidade cortical e espinhal, propriedades de descarga da unidade motora (CHRISTIE; KAMEN, 2006; NELSON; SODERBERG; URBSCHKEIT, 1983), redução da sinalização do fator de crescimento semelhante à insulina I (IGF-1), elevação da quantidade de citocinas circulantes [fator de necrose tumoral (TNF) -a, TNF-b, interleucina (IL) -6], bem como aumento do estresse oxidativo celular.

Como consequência da perda de neurônios motores, existe um declínio no número e tamanho das fibras musculares, resultando em desempenho muscular mecânico prejudicado (força muscular máxima, potência e taxa desenvolvimento de torque), alterações nas propriedades contráteis dos músculos e infiltração de tecido não contrátil (colágeno e gordura). Essas alterações em conjunto implicarão em capacidade funcional reduzida durante a realização de atividades básicas da vida diária (AAGAARD et al., 2010; CASEROTTI et al., 2008; CASEROTTI; AAGAARD; PUGGAARD, 2008; CLARK; TAYLOR, 2011).

Contudo, sabe-se que o treinamento físico regular é uma medida eficaz contra o envelhecimento secundário, podendo neutralizar algumas alterações neuromusculares relacionadas à idade (AAGAARD et al., 2010; MCKENDRY et al., 2018; WALSTON, 2012), desempenhando um papel fundamental na prevenção das doenças crônicas modernas que mais matam, incluindo doenças cardiovasculares, doenças metabólicas, câncer, doenças pulmonares, disfunção imune, distúrbios musculoesqueléticos e neurológicos (BOOTH et al., 2002; CARTEE et al., 2016).

Nesse sentido, estudos longitudinais foram realizados e fornecem dados confiáveis sobre adaptações neuromusculares e envelhecimento (DELMONICO et

al., 2009; FRONTERA et al., 2000b; HUGHES et al., 2001; WINEGARD et al., 1996). Contudo, por causa das dificuldades na realização de estudos longitudinais, as adaptações e alterações neuromusculares são documentadas principalmente por meio de estudos transversais (CADORE et al., 2012; IZQUIERDO et al., 1999; LANZA, I. R.; TOWSE, T.F.; CALDWELL, G.E.; WIGMORE, D.M.; KENT-BRAUN, 2003; LINDLE et al., 1997; MAU-MOELLER et al., 2013; THOM et al., 2007).

Apesar de todo o conhecimento acumulado, ainda não está claro se e como o treinamento físico predominantemente aeróbio pode contribuir para minimizar as alterações da função neuromuscular, da arquitetura e qualidade muscular associadas ao envelhecimento. Os resultados dos trabalhos encontrados são conflitantes e ainda inconclusivos. Alguns estudos verificaram que o treinamento crônico predominantemente de resistência aeróbica pode retardar a redução da força e alterações morfológicas do vasto lateral relacionados ao envelhecimento (SIPILA et al., 1991; TARPENNING et al., 2004), enquanto outros relatam nenhum ou pouco benefício na taxa de desenvolvimento de torque dos extensores do joelho associado a esse tipo de treinamento (HARRIDGE; MAGNUSSON; SALTIN, 1997; POWER et al., 2016).

Além disso, as evidências existentes decorrem de estudos que comparam atletas masters com seus pares sedentários, ou seja, não se leva em consideração o nível de atividade física que é um importante fator a ser considerado para o envelhecimento primário (ARAMPATZIS, 2005, 2006). Nenhum estudo encontrado utilizou o mesmo grupo etário com participantes fisicamente ativos, porém não atletas. Isso acaba limitando inferências sobre o impacto do nível de atividade física nos declínios funcionais relacionados ao envelhecimento. Portanto, é importante que os estudos sobre o envelhecimento utilizem grupos que tenham níveis de atividade física mais elevados, com o intuito de isolar a inatividade física como uma variável de confusão.

Adicionalmente, os estudos encontrados na literatura avaliaram parâmetros da função neural, da função muscular, da arquitetura e qualidade muscular de forma isolada. Não foram encontrados estudos que avaliassem a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular simultaneamente. Tendo em vista que as alterações neurais precedem as musculares, é de grande importância incluir

parâmetros suficientes para caracterizar de forma mais abrangente a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular.

3.1.1 Objetivo geral

Comparar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular dos extensores do joelho de corredores fundistas masters com adultos e jovens fisicamente ativos.

3.1.2 Objetivos específicos

Avaliar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular dos extensores do joelho de corredores fundistas masters.

Avaliar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular extensores do joelho de adultos fisicamente ativos.

Avaliar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular dos extensores do joelho de jovens fisicamente ativos.

3.1.3 Hipóteses

H1 – os corredores fundistas masters apresentarão melhor função neuromuscular que os adultos fisicamente ativos.

H2 - os corredores fundistas masters apresentarão função neuromuscular equivalente aos jovens fisicamente ativos.

H3 – os corredores fundistas máster apresentarão maiores valores de área de secção transversa, ângulo de penação, comprimento do fascículo e espessura do músculo do que os adultos fisicamente ativos.

H4 - os corredores fundistas masters apresentarão área de secção transversa, ângulo de penação, comprimento do fascículo e espessura do músculo equivalente aos jovens fisicamente ativos.

H5 - os corredores fundistas masters apresentarão melhor qualidade muscular do que os adultos fisicamente ativos.

H6 - os corredores fundistas masters apresentarão qualidade muscular equivalente aos jovens fisicamente ativos.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Caracterização de estudo

Trata-se de um estudo do tipo observacional e transversal que busca comparar a função muscular, arquitetura e qualidade muscular entre o grupo de corredores fundistas masters, adultos fisicamente ativos e jovens fisicamente ativos. Os estudos transversais realizam todas as medições em um único momento, não existindo, portanto, período de acompanhamento dos indivíduos. Os estudos descritivos objetivam informar sobre a distribuição de um evento, na população, em termos quantitativos, ou seja, preocupa-se com o *status* da amostra estudada (THOMAS; NELSON, 2007).

O estudo comparativo causal é usualmente subordinado a uma ou mais questões científicas, as hipóteses. Compara eventos de uma suposta exposição e controle. As diferenças entre os indivíduos podem ser comparadas, além de possibilitar o controle de fatores intervenientes (THOMAS; NELSON, 2007).

3.2.2 Participantes

Os participantes adultos fisicamente ativos foram recrutados nas academias da cidade de Curitiba-PR e mediante divulgação do projeto nos meios de comunicação (redes sociais, e-mail e telefone). Os corredores máster foram recrutados em equipes de corrida e clubes esportivos da cidade de Curitiba-PR, bem como por meio de divulgação em diferentes meios de comunicação (redes sociais, e-mail e telefone). Já os jovens fisicamente ativos foram recrutados em um curso de educação física de uma instituição privada de ensino superior da cidade de Curitiba-PR.

Foram incluídos no estudo corredores que tivessem pelo menos 50 anos de idade, experiência de pelo menos cinco anos de prática, frequência semanal de treinos de no mínimo três, volume da carga de treinamento $\geq 15\text{km/sem}$ e que tivessem participado de pelo menos 3 provas de no mínimo 5km no ano anterior à

coleta de dados (TARPENNING et al., 2006). Os adultos fisicamente ativos deveriam ter pelo menos 50 anos de idade, realizar treinamento sistematizado e supervisionado pelo menos nos últimos cinco anos, e ser classificado como fisicamente ativo de acordo com os valores de referência propostos pelo questionário internacional de atividade física, versão curta (IPAQ). Os jovens fisicamente ativos deveriam ter idade entre 18 e 35 anos e ser classificados como fisicamente ativos de acordo com os valores de referência propostos pelo IPAQ (ANEXO III). Além disso, os sujeitos adultos e jovens não poderiam estar participando de nenhum programa de treinamento voltado para a competição nos últimos 5 anos.

Os critérios de exclusão adotados foram os seguintes: (a) histórico de doença cardiovascular/cardiopulmonar (infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral, angina pectoris, hipertensão) ou outra doença crônico-degenerativa como diabetes; (b) lesão ortopédica (músculos, tendões, articulações, ligamentos e/ou ossos) que impossibilitasse a realização do teste no dinamômetro isocinético.

Dessa forma, foram recrutados para o estudo 41 corredores fundistas masters do sexo masculino (GCMA), 24 homens adultos fisicamente ativos (GAFA) e 30 jovens do sexo masculino fisicamente ativos (GJFA), conforme detalhado na figura. A amostragem foi realizada de forma não probabilística, utilizando-se da técnica bola de neve, em que os indivíduos selecionados convidam novos participantes da sua rede de amigos e conhecidos. A bola de neve é comumente usada para acessar populações de baixa incidência e indivíduos de difícil acesso (SEDGWICK, 2013).

Foram incluídos no estudo corredores que tivessem pelo menos 50 anos de idade, experiência de pelo menos cinco anos de prática, frequência semanal de treinos de no mínimo três, volume da carga de treinamento $\geq 15\text{km/semana}$ e que tivessem participado de pelo menos 3 provas de no mínimo 5km no ano anterior à coleta de dados (TARPENNING et al., 2006). Os adultos fisicamente ativos deveriam ter pelo menos 50 anos de idade, realizar treinamento sistematizado e supervisionado pelo menos nos últimos cinco anos, e ser classificado como fisicamente ativo de acordo com os valores de referência propostos pelo questionário internacional de atividade física, versão curta (IPAQ). Os jovens fisicamente ativos deveriam ter idade entre 18 e 35 anos e ser classificados como fisicamente ativos de acordo com os valores de referência propostos pelo IPAQ (ANEXO III). Além disso, os sujeitos adultos e jovens não poderiam estar participando de nenhum programa de treinamento voltado para a competição nos últimos 5 anos.

Os critérios de exclusão adotados foram os seguintes: (a) histórico de doença cardiovascular/cardiopulmonar (infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral, angina pectoris, hipertensão) ou outra doença crônico-degenerativa como diabetes; (b) lesão ortopédica (músculos, tendões, articulações, ligamentos e/ou ossos) que impossibilitasse a realização do teste no dinamômetro isocinético.

Dessa forma, foram recrutados para o estudo 41 corredores fundistas masters do sexo masculino (GCMA), 24 homens adultos fisicamente ativos (GAFA) e 30 jovens do sexo masculino fisicamente ativos (GJFA). A amostragem foi realizada de forma não probabilística, utilizando-se da técnica bola de neve, em que os indivíduos selecionados convidam novos participantes da sua rede de amigos e conhecidos. A bola de neve é comumente usada para acessar populações de baixa incidência e indivíduos de difícil acesso (SEDGWICK, 2013).

3.2.3 Procedimentos gerais

Antes do início das avaliações, todos os participantes foram informados sobre os procedimentos e questões legais do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE 1), que foi aprovado pelo Comitê de

Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná (CAAE: 69929817.9.0000.0102) (ANEXO 1). Após este procedimento os voluntários do GAFA e GJFA responderam ao IPAQ, já o GCMA respondeu a um questionário semi-estruturado (ANEXO I) adaptado de Hespanhol Junior (2012) sobre suas rotinas de treinamento e competições. Logo em seguida, foram realizadas nessa ordem as seguintes avaliações: qualidade muscular, arquitetura muscular, função neuromuscular. Para a coleta de dados todos os participantes compareceram a uma única sessão de avaliações no laboratório de biomecânica do Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM). Os testes foram aplicados por uma mesma equipe de avaliadores previamente treinados e com experiência nos protocolos utilizados.

3.2.4 Instrumentos de coleta de dados

- Nível de atividade física:

Para a mensuração do nível de atividade física dos participantes do grupo de adultos fisicamente ativos e jovens fisicamente ativos foi adotado o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ, versão curta), validado para a população brasileira (PARDINI et al., 2001). Este instrumento foi utilizado por ser de fácil aplicação, de boa precisão e de baixo custo. Os participantes relataram as atividades realizadas na última semana (ANEXO III). Com base nas respostas obtidas os participantes foram classificados como muito ativos. Para fins de comparação foi extraída do IPAQ apenas a atividade física vigorosa realizada, pois, os corredores não responderam a esse questionário. Assim, para os corredores a atividade física vigorosa foi registrada como o volume semanal de corrida, pois independentemente da intensidade (ritmo ou velocidade da corrida) essa atividade é considerada como sendo vigorosa (LEE et al., 2017).

- Rotina de treinamento e competições:

Foi acessada por meio de questionário semi-estruturado (ANEXO I) adaptado de Hespanhol Junior (2012), que envolve questões referentes a: a) dados pessoais dos participantes, como idade, peso, estatura, experiência de corrida, escolaridade e hábitos de vida; b) características do treinamento de corrida (frequência semanal,

quilometragem semanal, tempo por quilômetro, prática de outros esportes, provas preferidas e prática de exercícios complementares).

- Antropometria:

As técnicas utilizadas para a obtenção das medidas antropométricas foram realizadas conforme o Anthropometric Standardization Reference Manual (LOHMAN et al., 1988). A estatura (m) foi mensurada em um estadiômetro de parede, com precisão de 0,1 cm. O participante ficou em posição ortostática, com os pés descalços e unidos, com as superfícies posteriores do calcanhar, cinturas pélvica e escapular e região occipital em contato com o instrumento de medida, com a cabeça no plano horizontal de Frankfurt, ao final de uma inspiração máxima. A massa corporal (kg) foi aferida em uma balança marca Plena, modelo Sport, com capacidade máxima de 150 kg e precisão de 100 gramas, com o participante descalço e posicionado em pé no centro da plataforma, com os braços ao longo do corpo e utilizando o mínimo de roupa possível. O IMC foi calculado utilizando a seguinte fórmula: $IMC (kg/m^2) = \text{Massa Corporal (kg)} / \text{Estatura}^2 (m)$. Foram considerados os valores de referência propostos pela Organização Mundial da Saúde (quadro 1).

IMC (kg/m ²)	Classificação
<18,5	Baixo peso
18,6 -24,9	Normal
25 - 29,9	Sobrepeso
30 - 34,9	Obesidade Grau I
35 - 39,9	Obesidade Grau II
>40	Obesidade Grau III

Quadro 1. Classificação do índice de massa corporal segundo WHO (2004).

- Função neuromuscular:

Contração Isométrica Voluntária Máxima

Foi avaliada por meio de um dinamômetro isocinético (figura 3.1) Biodex System 3 (*Biodex Medical System*, New York, EUA) que foi calibrado conforme as

especificações e recomendações do fabricante para avaliação da extensão isométrica do joelho. A contração isométrica foi escolhida para minimizar a coativação antagonista, facilitando a atribuição de medidas de torque à ação agonista (CALDER; GABRIEL, 2007). As variáveis extraídas a partir da contração isométrica voluntária máxima foram as seguintes: torque isométrico absoluto (TIA), torque isométrico relativos (TIR), torque específico (TE), nível de ativação voluntária (NAV) e taxa de desenvolvimento de torque em 30, 50, 100 e 200ms (TDT30, 50, 100 e 200).

Os voluntários foram posicionados no equipamento de acordo com as padronizações sugeridas pelo fabricante para avaliação do joelho, o encosto do dinamômetro foi ajustado até que a fossa poplíteia do joelho estivesse apoiada na parte inferior do assento. O eixo de rotação do aparelho foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur (eixo de rotação anatômico do joelho). O encosto da cadeira foi ajustado para 90 graus; e o braço de alavanca, ajustado e fixado 2 cm acima dos maléolos do tornozelo. As regiões do tronco, pelve e coxa foram estabilizadas ao equipamento por meio de cintas e faixas de velcro para evitar contribuição dos membros superiores e a retroversão pélvica, ou mesmo uma possível contribuição de qualquer outra parte do corpo.

Antes da realização do teste, foi realizada uma sessão de familiarização e aquecimento específico no próprio dinamômetro isocinético composta por 4 séries de extensão isométrica do joelho direito com duração de 5 segundos cada e intervalo de repouso de 1 minuto entre elas: 1ª série a aproximadamente 25% da contração isométrica voluntária máxima (CIVM); 2ª série a aproximadamente 50% da CIVM; 3ª série a aproximadamente 75% da CIVM; 4ª série a 100% da CIVM. Após a familiarização e aquecimento, os voluntários tiveram 2 minutos de intervalo de repouso (DOTAN; MITCHELL, 2013).

Em seguida, os participantes realizaram três séries de CIVM com duração de cinco segundos cada. O intervalo de repouso entre cada série foi de 120 segundos (ERELINE; GAPEYEVA; PÄÄSUKE, 2011). Os participantes foram instruídos cuidadosamente a sempre realizar a contração o mais forte e o mais rápido possível. A tentativa na qual fosse observado um contra movimento inicial (identificado pela queda visual no sinal do torque) foi descartada, e uma nova tentativa foi realizada.

Durante todas as CIVM os participantes também puderam visualizar suas curvas de torque no monitor do dinamômetro como feedback visual, assim como foram motivados verbalmente de forma padronizada a tentar obter o seu melhor desempenho (DOTAN; MITCHELL, 2013). O maior valor de força atingido nos três esforços máximos foi tomado como a CIVM. A variabilidade de 10% entre as medidas foi determinada e o maior valor foi utilizado para análise.

As variáveis encontradas foram corrigidas pela massa corporal total (torque isométrico relativo), para permitir a comparação entre diferentes sujeitos e grupos. Além disso, foi determinada a torque específico (torque isométrico absoluto /área de secção transversa do vasto lateral) (AAGAARD PER, PETER S. MAGNUSSON, BENNY LARSSON, MICHAEL KJÆR, 2007; KORHONEN, M; M, ALEN; S, SIPILA; M, 2009).



Figura 3. 1 Dinamômetro isocinético biodex system 3

Atividade eletromiográfica (EMG)

A atividade eletromiográfica foi registrada no músculo vasto lateral com um equipamento de EMG (Figura 3.2). Antes da colocação do eletrodo, a pele foi raspada, levemente esfregada com gel abrasivo e limpa com algodão embebido em álcool. O eletrodo foi fixado à pele por meio de fita adesiva dupla-face descartável. Esses eletrodos possuem quatro superfícies metálicas, responsáveis por fazer a

aquisição dos dados eletromiográficos. O eletrodo foi posicionado a 2/3 da distância entre a espinha íliaca ântero superior e a borda lateral da patela, no sentido das fibras musculares conforme as recomendações propostas pelo SENIAM (Surface EMG for the Non-Invasive Assessment of Muscles) (Figura 3.3). Os sinais EMG foram diferencialmente amplificados com um ganho de 2000 e uma largura de banda de 10-500 Hz a -3 dB. A atividade EMG real foi registrada com uma frequência de amostragem de 2000 Hz. Uma janela de 500 ms foi usada para calcular os valores do quadrado médio da raiz EMG (RMS), em torno do tempo da extensão isométrica máximo do joelho.



Figura 3. 2 Equipamento de EMG (Trigno Wireless, Delsys, USA)

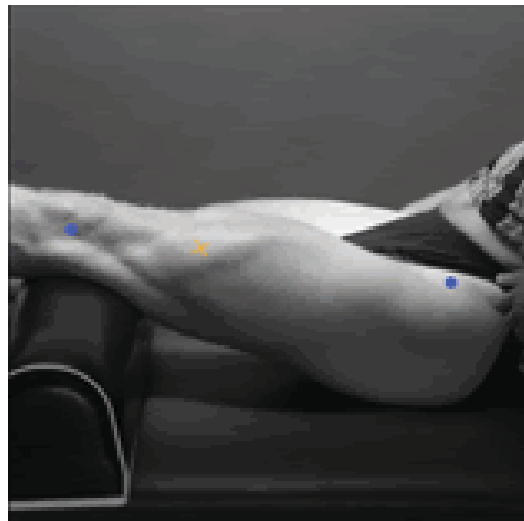


Figura 3. 3 Referências anatômicas para posicionamento dos eletrodos propostos pelo SENIAM.

Nível de ativação voluntária

O músculo avaliado foi o vasto lateral devido a sua grande relevância na corrida, desempenhando função muito importante na fase de suporte/sustentação, sendo um dos músculos mais recrutados (CAPPELLINI et al., 2006; HAMNER; SETH; DELP, 2010), além de sua importância funcional e acessibilidade na execução de atividades básicas da vida diária, como representante do quadríceps (MAFFIULETTI et al., 2014; TRAPPE; LINDQUIST; CARRITHERS, 2001).

Um estímulo elétrico (single pulse) com largura de pulso de 200 μ s e saída máxima de 100 mA foi aplicado percutaneamente no nervo femoral (figura 3.4) durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos extensores do joelho (MERTON; HOSPITAL; SQUARE, 1954a), usando um estimulador elétrico modelo Neuro IOM – Neurosoft® com eletrodos de superfície AMBU Neuroline 715 (figuras 3.5 A e B).

O estímulo supramáximo foi administrado 350-500 ms após o início do platô da CIVM (contração de sobreposição/superimposição) e então novamente 3-5 segundos após, em condição de repouso (torque potencial). Os participantes realizaram três séries de CIVM com duração de 5 segundos cada e intervalo de repouso de dois minutos entre elas (ERELINE; GAPEYEVA; PÄÄSUKE, 2011).

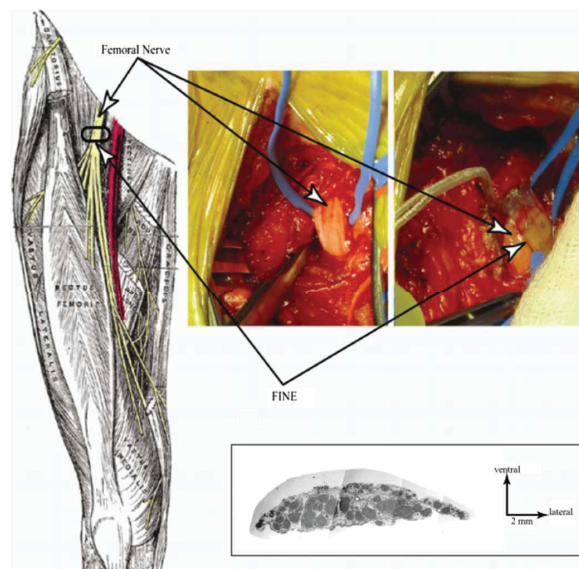


Figura 3 4 Localização do nervo femoral.

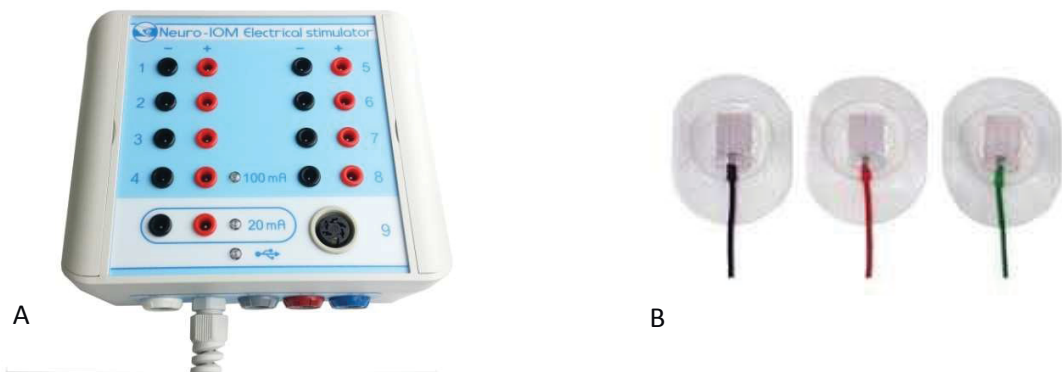


Figura 3.5 (A) Aparelho utilizado para eletroestimulação; (B) Eletrodos.

A intensidade do estímulo foi determinada pela administração de estímulos elétricos de corrente progressivamente crescente. Os estímulos foram realizados com os participantes em estado de repouso, a partir de 50 mA, aumentando 5 mA a cada 30 segundos até que se atingisse o máximo torque isométrico potencial (twitch torque). Após isso, um adicional de 30% em relação ao pulso anterior foi utilizado para assegurar que a estimulação fosse supra-máxima.

Para se determinar o nível de ativação voluntária (NAV) utilizou-se a técnica da superimposição de um estímulo elétrico (twitch interpolation technique - ITT). Nela, o torque extra induzido estimulando o nervo é comparado a uma contração de controle produzida pela estimulação nervosa idêntica com o músculo relaxado (figura 3.6) (GANDEVIA et al., 2001).

Sendo assim, o NAV fornece um índice da capacidade do sistema nervoso central de ativar completamente os músculos. O efeito induzido por estimulação elétrica reflete um recrutamento incompleto de unidades motoras e/ou uma frequência de disparo submáximo das unidades motoras e, portanto, um déficit na ativação voluntária (COOPER, MICHAEL A.; HERDA, TRENT T.; WALTER-WERDA, ASHLEY A.; COSTA, PABLO B.; RYAN, ERIC D.; CRAMER, 2013; SHIELD, ANTHONY; ZHOU, 2004).

O % NAV foi calculado usando seguinte equação: $[1 - (\text{pico de torque superimposto} / \text{pico de torque potencial})] \times 100$.



Figura 3 6. Medida do torque superimposto induzido pela estimulação elétrica durante a CIVM - Pts = pico de torque superimposto; Ptp = pico de torque isométrico potencial (ROZAND et al., 2015).

As tentativas de MIVC foram rejeitadas e repetidas em qualquer um dos seguintes casos conforme recomendações estabelecidas previamente (SHIELD, ANTHONY; ZHOU, 2004):

1. Se a linha do torque não exibisse um platô claro antes da estimulação superimposta.
2. Se estímulo superimposto fosse liberado antes da CIVM.
3. Se o avaliado percebesse que seu esforço foi submáximo no momento da estimulação.

O maior valor de CIVM e NAV foram utilizados para análise (POLLOCK et al., 2015).

Propriedades contráteis do músculo

Foi avaliada por meio de estimulação percutânea elétrica no nervo femoral (figura 3.7). Pulsos simples de onda quadrada (200 μ s largura do pulso) foram aplicados no nervo femoral da perna direita por meio de um eletrodo cátodo (0,5 cm diâmetro) posicionado no triângulo femoral (figura 3.7), 3-5 cm abaixo do ligamento inguinal pelo mesmo avaliador (MAU-MOELLER et al., 2013). Outro eletrodo ânodo foi posicionado na dobra glútea oposta ao cátodo.

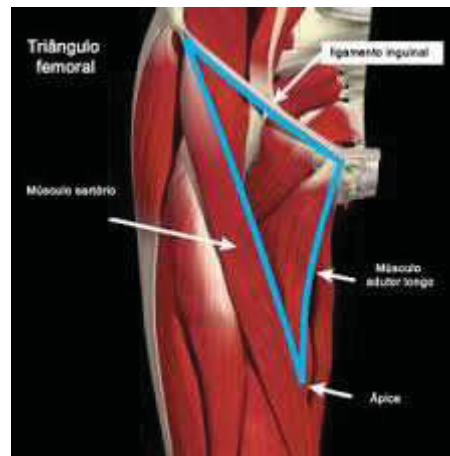


Figura 3. 7 Localização do nervo femoral.

Para a determinação da intensidade adequada do estímulo elétrico, foi-se aumentando gradativamente o estímulo até o ponto no qual o incremento não resultasse mais em aumentos no pico de torque isométrico potencial (twitch torque). A essa intensidade foi acrescentado 30% para garantir que o estímulo fosse supra máximo. As variáveis analisadas foram as seguintes: 1- torque isométrico potencial (TIP); 2- tempo de contração (TC); 3- taxa de desenvolvimento de torque isométrico potencial em 200ms (TDTp); 4- tempo de 1/2 relaxamento.

- Arquitetura muscular:

A área de secção transversa (AST), o ângulo de penação (AP), o comprimento do fascículo (CF), e a espessura muscular (EM) do músculo vasto lateral da perna direita (porção medial) foram avaliados por meio de ultrassonografia (Konica Minolta[®], modelo Sonimage HS1) com um transdutor de 5 cm de comprimento por 2 cm de largura, a uma frequência de 11 MHz (figura 3.8). O vasto lateral foi o músculo escolhido para análise, pois se trata de um dos músculos do corpo humano com maior área de secção transversa (NARICI et al., 2003).

Os participantes foram instruídos a abster-se de qualquer exercício de membros inferiores 48 horas antes do procedimento de aquisição de imagem. Antes da coleta os avaliados repousaram por 20 min na posição supinada com o membro avaliado estendido e relaxado para permitir acomodação dos fluidos corporais (BERG; TEDNER; TESCH, 1993; TICINESI et al., 2018). Durante as medidas, os sujeitos foram instruídos a relaxar ao máximo possível os músculos da perna. A inserção proximal do músculo VL foi identificada e marcada na pele e as seções axiais foram

então marcadas em intervalos de 30 mm. Orientado no plano axial, o transdutor foi alinhado perpendicularmente ao músculo VL e movido do centro para posição lateral ao longo de um gabarito pré-marcada sobre a pele (figura 3.9).

O comprimento da coxa foi considerado como a distância entre o epicôndilo lateral do fêmur e o trocânter maior. Assim que o avaliador considerou a imagem do monitor satisfatória, esta foi arquivada e um software próprio do equipamento foi usado para medir em milímetros, com um cursor, a distância linear entre a interface gordura-músculo e a interface músculo-osso. Para a avaliação, um gel condutor à base de água foi aplicado sobre o local a ser avaliado e o transdutor posicionado sem deprimir a pele.

Após a coleta de dados, as imagens do VL foram reconstruídas seguindo os procedimentos descritos por Reeves et al. (2004). Basicamente, as imagens foram sequencialmente abertas no PowerPoint (Microsoft, Redmond, WA, EUA) e, em seguida, cada imagem foi girada manualmente até que a fáscia inteira do músculo VL foi reconstruída. Então, a área de secção transversa do VL foi medida usando a planimetria computadorizada, onde a mesma foi contornada com auxílio do mouse.

As medições de intensidade do eco, AST, AP, CF e EM foram realizadas nas mesmas imagens obtidas em cada coleta. O software ImageJ (versão 1.5, *National Institute of Health*, Bethesda, MD, USA) foi utilizado para determinar manualmente a intensidade do eco, AST, ângulo de penação, comprimento do fascículo e espessura muscular (figura 3.10). O software foi calibrado a partir de uma distância conhecida de 1cm nas imagens realizadas pela ferramenta de medida do equipamento de ultrassonografia.

A AST é um parâmetro de tamanho do músculo que está relacionado com a capacidade de geração de força.

O AP foi determinado pelo o ângulo formado entre os fascículos musculares e a aponeurose profunda/interna, cuja orientação coincide com a linha de tração do músculo.

O CF foi determinado pela distância linear entre a origem do fascículo na aponeurose interna e a respectiva inserção na aponeurose externa.



Figura 3. 8 Modelo de ultrassom utilizado.

A EM é um parâmetro indireto da área de secção transversal e do volume muscular e foi determinada pela distância perpendicular entre as interfaces gordura-músculo e músculo-osso.

- Qualidade muscular:

A intensidade do eco foi utilizada para se inferir a respeito da qualidade muscular e foi determinada por meio de análise da escala de cinza, usando a função de histograma padrão no software Imagem-J (National Institute of Health, USA, versão 1.37). Os pixels dentro da área de interesse foram processados com a transformada rápida de Fourier, resultando em uma distribuição de 255 tons de cinza, sendo 0 = preto e 255 = branco (Figura 3.11). Sendo assim, pixels mais claros (hiperecoicos) podem indicar presença de gordura infiltrada e elementos não contráteis (YOUNG et al., 2015). A intensidade do eco foi calculada como a média e mediana dos valores dentro da AST, sendo que quanto maior a média e mediana, maior a presença de gordura infiltrada e elementos não contráteis no músculo.

Um estudo piloto foi realizado pelo mesmo avaliador, com amostra composta por 10 participantes, sendo que foram realizadas 2 medidas dos músculos vasto lateral em 2 dias diferentes com intervalo mínimo de 2 dias entre as medidas, revelou que boa reprodutibilidade sobre as medidas de AST, AP, CF, EM, intensidade do eco e ITT.

Tabela 3 1 - Coeficiente de variação (CV), coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e erro típico de medida (ETM)

	CV	ICC	ETM
AST	1.68	0.81	0.39
CF	0.8	0.97	0.29
AP	0.7	0.95	0.69
EM	0.9	0.89	0.08

Nota: AST= área de secção transversa; CF= comprimento do fascículo; AP=ângulo de penação; EP= espessura do músculo; CV= %; ICC= correlação de Pearson; ETM (AST= cm², CF e EM= cm, AP= °).

A reprodutibilidade das medidas de AST, AP, CF, EM e intensidade do eco (média e mediana) foi determinada calculando os valores do coeficiente de variação (CV), coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e erro típico da medida (ETM) entre as imagens coletadas em 2 dias de coleta, com pelo menos 48 horas de intervalo entre elas. Conforme sugerido (HOPKINS, 2000), o ETM é o resultante da razão entre o desvio-padrão da diferença das medidas repetidas em dois dias consecutivos (dia 1 e dia 2) e a raiz quadrada do algarismo dois:

$$ETM = \frac{\sigma(\text{dia 1} - \text{dia 2})}{\sqrt{2}}$$

Sabe-se que o CV ideal deve ser o menor possível, preferencialmente igual ou abaixo de 10%, os valores de CCI superiores a 0,9 representam uma alta confiabilidade e entre 0,7 a 0,8, razoável, o ETM utiliza a unidade de medida da variável analisada e o seu valor mínimo (mais próximo de zero) representa uma pequena variabilidade entre as medidas (ATKINSON; NEVILL, 1998).



Figura 3.9 (A) Representação do gabarito a 50% do comprimento da coxa ; (B) posicionamento do transdutor para a imagem transversal.

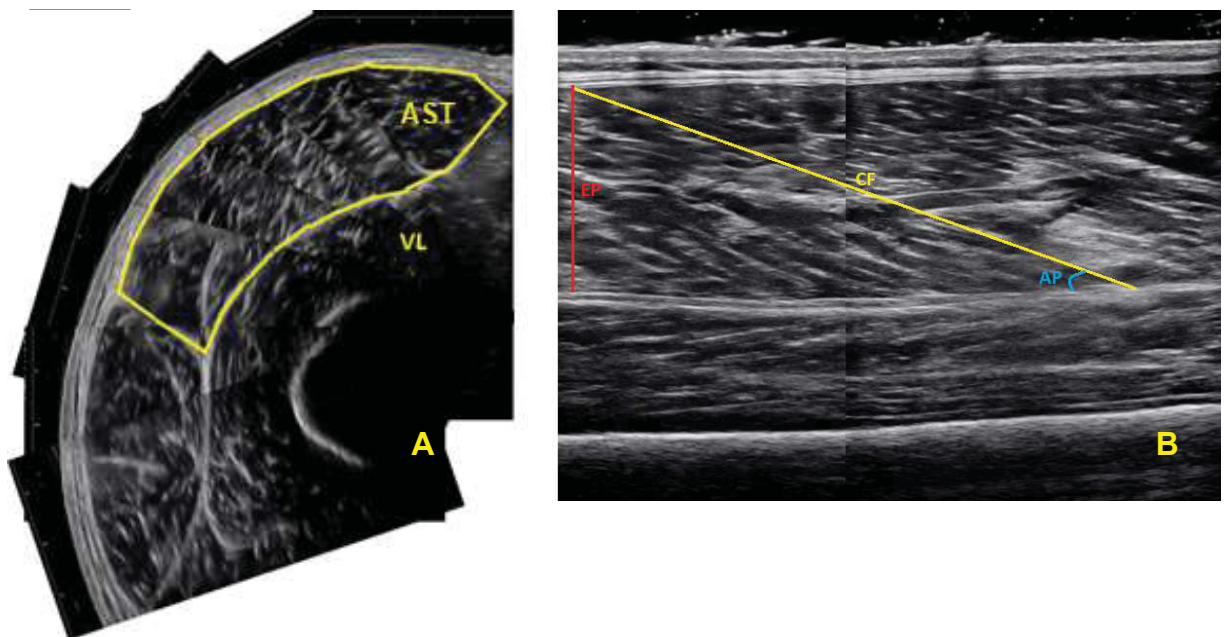


Figura 3.10 (A) Representação da área de secção transversa do vasto lateral; (B) representação do ângulo de penetração (AP), espessura do músculo (EM) e comprimento do fascículo (CF).



Figura 3. 11 Histograma a intensidade do eco dentro da AST do VL no sítio médio da coxa (50%).

3.2.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do software SPSS 20.0 (IBM Ltda, Chicago IL, EUA). Todos os dados foram reportados em média \pm desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados (transformação logarítmica) e novamente testados. Assumida a distribuição normal dos dados, foi utilizada a ANOVA one-way, para comparação entre os grupos seguido do post hoc de Tukey para determinar onde as diferenças ocorreram. Quando os dados não apresentaram distribuição normal mesmo após a transformação (idade, peso, nível de ativação voluntária, tempo de contração, taxa de desenvolvimento de torque potencial, taxa de desenvolvimento de torque em 30, 50, 100 e 200 ms) foi adotado o teste de Kruskal-Wallis. Em todos os cálculos foi fixado um nível de significância a priori de $p < 0,05$.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Características dos participantes

A tabela 3.1 apresenta as características dos participantes. A idade foi semelhante entre o grupo de adultos fisicamente ativos (50-86 anos) e os corredores (50-71 anos) ($F = 6,99$; $p > 0,05$). O peso, a estatura e o nível de atividade física vigorosa foram semelhantes entre os três grupos. O IMC foi superior no grupo de adultos fisicamente ativos (19.59-34.71 kg/m^2) em relação ao grupo de corredores

(18.94-37.98 kg/m²). Entre jovens e adultos, e entre os jovens e os corredores os valores apresentados foram semelhantes.

Tabela 3 2 - Valores médios \pm desvio padrão das características dos participantes.

Variável	GJFA (n=30)	GAFA (n=24)	GCMA (n=41)
Idade (anos)	24,3 \pm 3,92*#	61,04 \pm 8,85	58,02 \pm 5,95
Peso (kg)	74,1 \pm 7,25	80,1 \pm 14,41	74,2 \pm 11,64
Estatura (m)	1,73 \pm 0,06	1,73 \pm 0,08	1,73 \pm 0,06
IMC (kg/m ²)	24,64 \pm 2,69	26,77 \pm 3,27 [#]	24,53 \pm 3,53
NAFV(min/semana)	256,9 \pm 211,1	264,7 \pm 226,5	311,8 \pm 170,0

Nota: IMC- índice de massa corporal; NAFV – nível de atividade física vigorosa; * - diferença significativa entre GJFA e GAFA (P<0,05); # - diferença significativa entre GJFA e GCMA (P<0,05); [#] - diferença significativa entre GAFA e GCMA (P<0,05).

3.3.2 Arquitetura muscular

Os resultados da arquitetura muscular são apresentados na figura 3.12. A área de secção transversa do vasto lateral foi similar entre o grupo de corredores (GCMA: 21.6 \pm 5.4cm²) e os jovens fisicamente ativos (GJFA: 24.2 \pm 5.4 cm²), e entre os corredores e os adultos fisicamente ativos (GAFA: 20.36 \pm 4.1cm²). O GJFA apresentou valores superiores ao GAFA (p<0,05).

O ângulo de penação foi similar entre os jovens (GJFA: 16.9 \pm 3.4°) e os corredores (GCMA: 17.8 \pm 3.57°), mas, superior nos corredores em relação aos adultos (GAFA: 14.6 \pm 2.7°, F=6.779, p<0.05). O GJFA também foi superior ao GAFA.

O comprimento do fascículo foi maior nos jovens (GJFA: 9.2 \pm 1.6cm), tanto em relação aos corredores (GCMA: 7.44 \pm 1.56cm), quanto aos adultos (GAFA: 8.1 \pm 1.5cm) (F= 10.53, p<0,05). Entre GAFA e GCMA os valores foram similares.

A espessura muscular foi maior nos jovens (GJFA: 3.1 \pm 0.7cm) tanto em relação aos adultos (GAFA: 2.4 \pm 0.5cm, F= 6.889, p<0,05) quanto aos corredores (GCMA: 2.6 \pm 0.7cm, F= 6.889, p<0,05). Os valores foram equivalentes entre GAFA e GCMA.

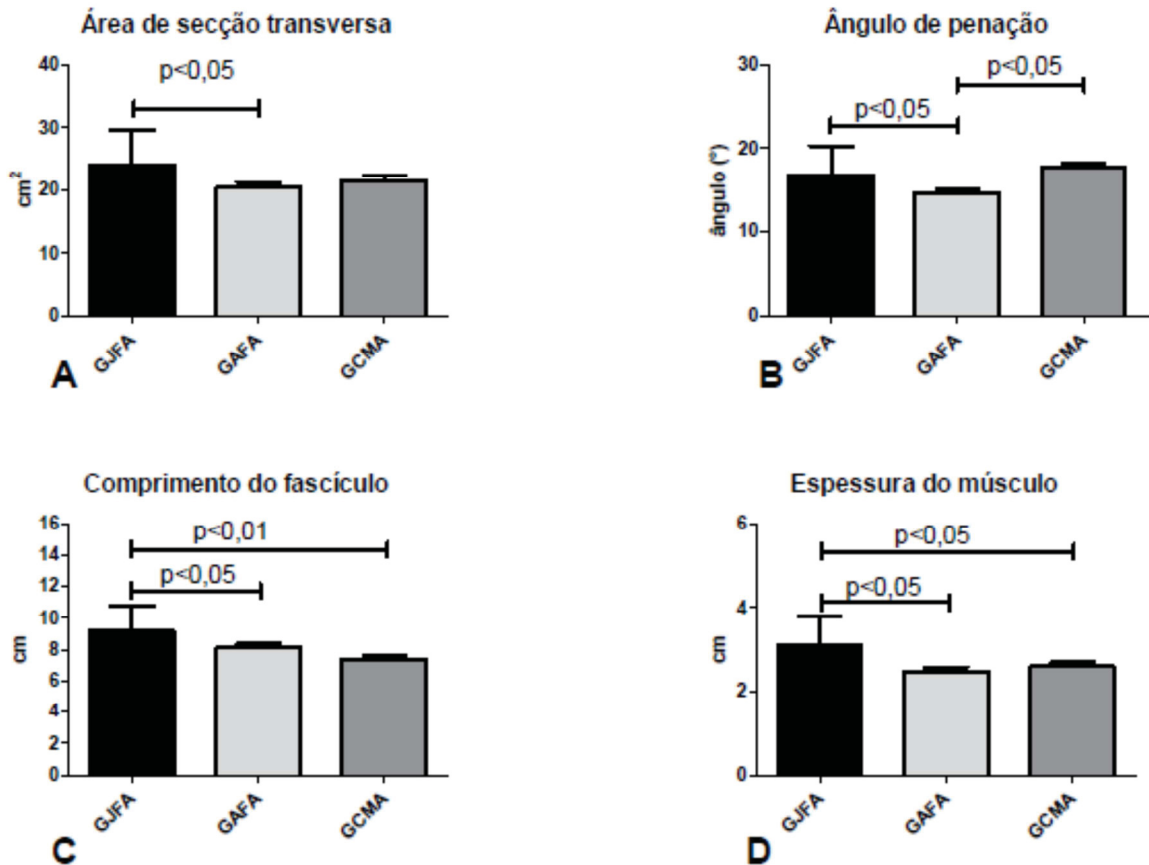


Figura 3. 12 Valores médios \pm desvio padrão da: A- área de secção transversa; B- ângulo de penetração; C- comprimento do fascículo; D- espessura muscular.

3.3.3 Qualidade muscular

Os resultados da média e mediana da intensidade do eco são apresentados na figura 3.13. A média da IE foi similar entre os adultos (GAFA: 63.7 ± 13.7 UA) e os corredores (GCMA: 61.8 ± 11.5 UA). Os jovens (GJFA: 51.3 ± 9.2 UA) apresentaram valores estatisticamente inferiores tanto em relação ao GAFA quanto ao GCMA ($F=9.948$, $p < 0,01$). A mediana da intensidade do eco apresentou o mesmo comportamento da média e foi similar entre os adultos (GAFA: 59.9 ± 15.1 UA) e os corredores (GCMA: 57.2 ± 13.1 UA). Os jovens apresentaram valores estatisticamente inferiores (GJFA: 46.7 ± 10.9 UA) aos demais grupos.

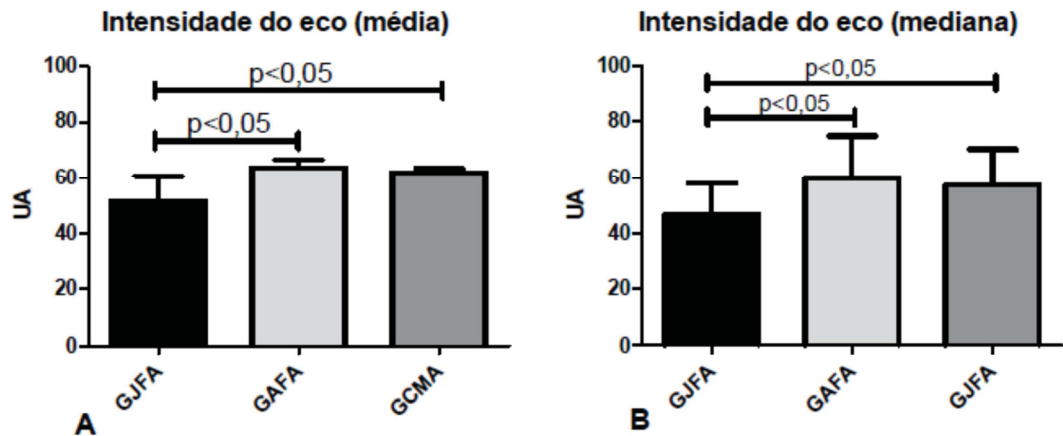


Figura 3. 13 Valores médios \pm desvio padrão da: A- média da intensidade do eco; B- mediana da intensidade do eco.

3.3.4 Função neuromuscular

Os resultados da função neuromuscular são apresentados na figura 3.14, 3.15 e 3.16 (A, B, C e D). O nível de ativação voluntária foi similar entre os três grupos: GJFA ($92.7 \pm 6.2\%$), GAFA ($93.7 \pm 5.3\%$) e GCMA ($92.8 \pm 6.1\%$). O torque isométrico absoluto foi equivalente entre os adultos (GAFA: $222.8 \pm 45.5 \text{ N.m}$) e os corredores (GCMA: $221.5 \pm 59.4 \text{ N.m}$). Os valores apresentados pelos jovens (GJFA: $288.6 \pm 45.4 \text{ N.m}$) foram superiores aos demais grupos ($F = 16.88$, $P < 0.01$). O torque isométrico relativo também apresentou similaridade entre adultos (GAFA: $2.79 \pm 0.4 \text{ N.m/kg}$) e corredores (GCMA: $2.99 \pm 0.7 \text{ N.m/kg}$). Os valores apresentados pelos jovens também foram superiores (GJFA: $3.9 \pm 0.7 \text{ N.m/kg}$) aos demais grupos. O torque específico apresentou similaridade entre adultos (GAFA: $11.1 \pm 2 \text{ N.m/cm}^2$) e corredores (GCMA: $10.5 \pm 2.4 \text{ N.m/cm}^2$), e, entre jovens (GJFA: $12.6 \pm 3.7 \text{ N.m/cm}^2$) e adultos. Os jovens apresentaram valores superiores aos corredores ($F = 5.039$, $p < 0.01$).

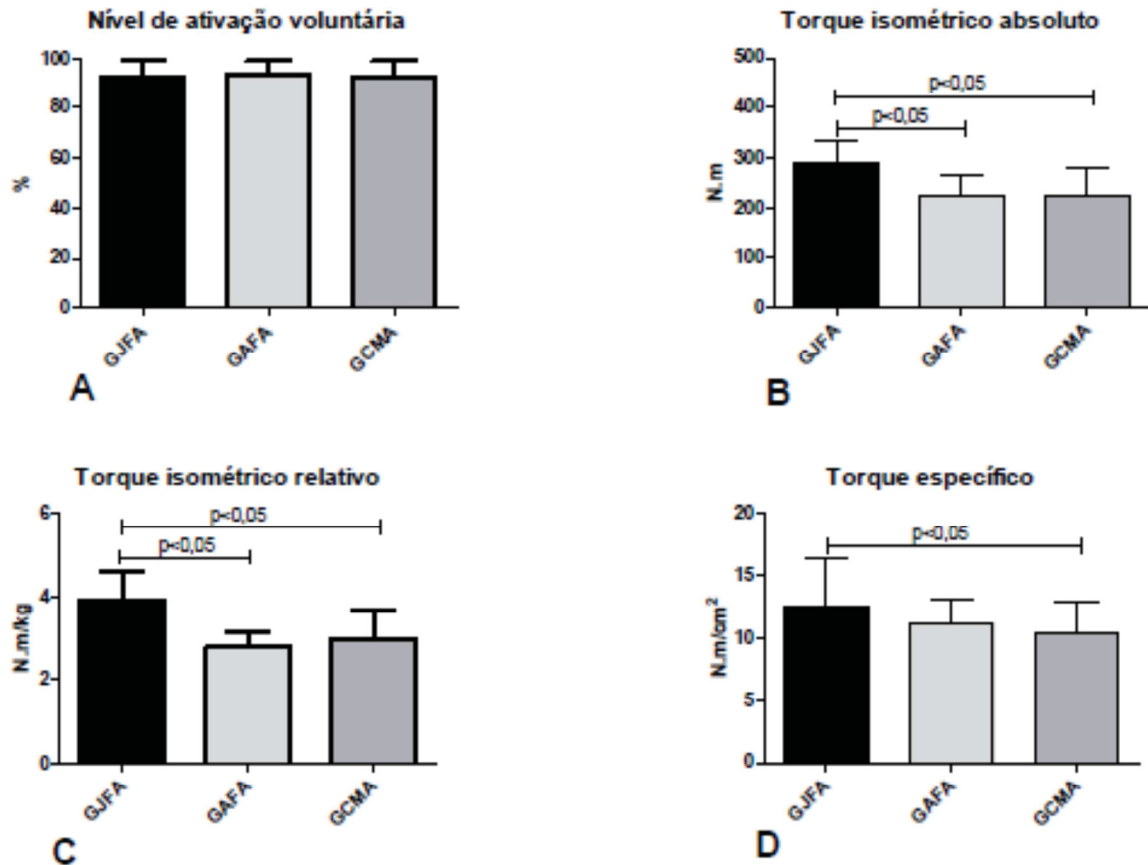


Figura 3. 14 Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A- Nível de ativação voluntária; B- torque isométrico absoluto; C- torque isométrico relativo (torque isométrico absoluto/massa corporal); D- torque específico (torque isométrico absoluto/área de secção transversa do vasto lateral).

A TDT30 apresentou similaridade entre os adultos (GAFA: 627.6 ± 361.5 N.m/s) e os corredores (GCMA: 610.8 ± 421.7 N.m/s), e, entre os jovens (GJFA: 804.3 ± 292.3 N.m/s) e o GAFA. Os jovens foram superiores aos corredores ($F=4.270$, $P<0.05$). A TDT50 também foi equivalente entre adultos (GAFA: 725.4 ± 384.9 N.m/s) e corredores (GCMA: 642 ± 417.5 N.m/s), e entre jovens (GJFA: 963.6 ± 325.1 N.m/s) e adultos. O GJFA foi superior ao GCMA ($F=4.270$, $P<0.05$). A TDT100 foi equivalente entre adultos (GAFA: 758.1 ± 349.8 N.m/s) e corredores (GCMA: 642.3 ± 361.8 N.m/s). Os jovens (GJFA: 1059.7 ± 304.5 N.m/s) foram superiores aos demais grupos ($F=13.21$, $p<0.01$). A TDT200 também foi equivalente entre adultos (GAFA: 635.1 ± 234.4 N.m/s) e corredores (GCMA: 536.4 ± 242.1 N.m/s), enquanto que os jovens (GJFA: 883.7 ± 215.3 N.m/s) foram superiores aos outros dois grupos ($F=19.8$, $p<0.01$).

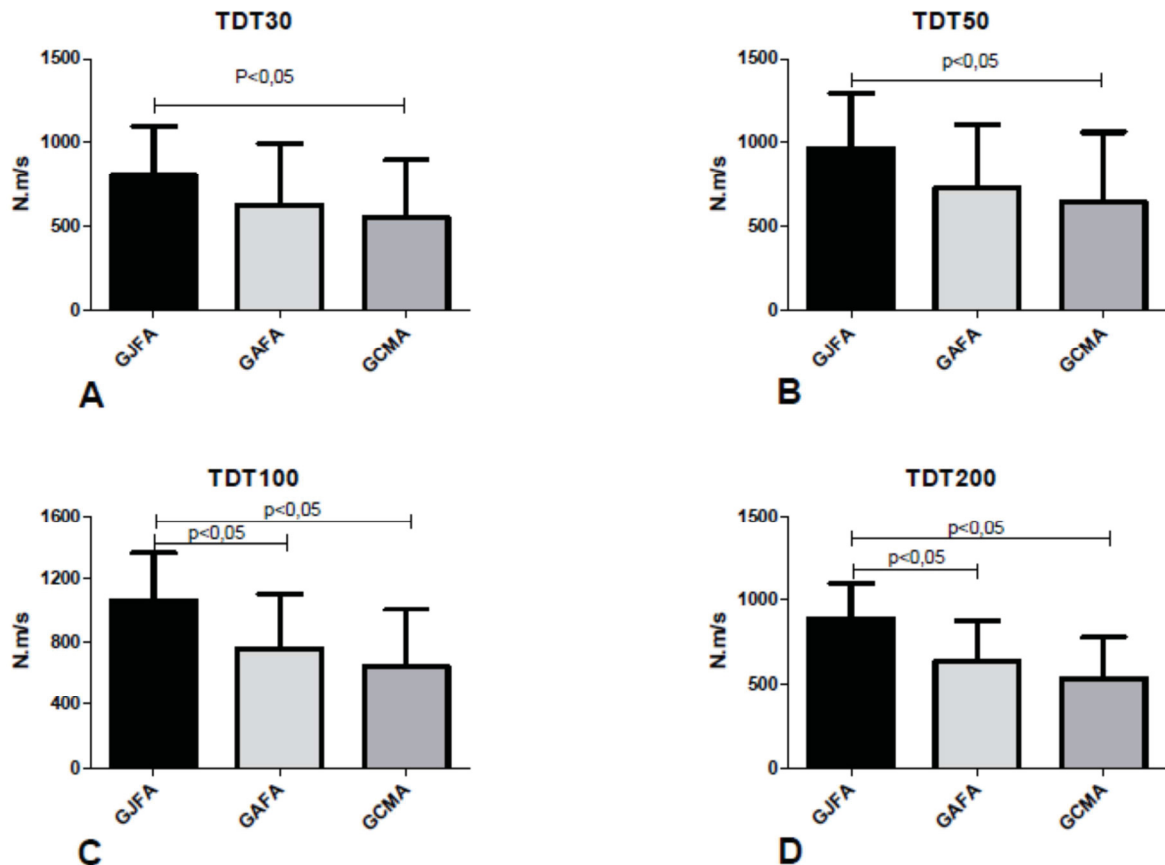


Figura 3. 15 Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A- TDT30: taxa de desenvolvimento de torque em 30ms; B- TDT50: taxa de desenvolvimento de torque em 50ms; C- TDT100: taxa de desenvolvimento de torque em 100ms; D-TDT200: taxa de desenvolvimento de torque em 200ms.

Os três grupos apresentaram o tempo de contração similares: GJFA (99.6 ± 36.7 ms), GAFA (112.1 ± 72.7 ms) e GCMA (112.1 ± 44.6 ms). O tempo de $\frac{1}{2}$ relaxamento também foi similar entre os grupos: GJFA (125.9 ± 70.7 ms), GAFA (130.3 ± 89.5 ms) e GCMA (151.6 ± 77.5 ms).

O torque potencial foi equivalente entre GAFA (39.8 ± 16.2 N.m) e GCMA (41.7 ± 14.4 N.m), enquanto que o GJFA (70.2 ± 11.2 N.m) foi superior aos outros grupos ($F=44.93$ $p>0,01$). A taxa de desenvolvimento de torque potencial foi equivalente entre adultos (GAFA: 517 ± 223.7 N.m/s) e corredores (GCMA: 492.7 ± 156.5 N.m/s), enquanto que os jovens (GJFA: 876.6 ± 154.6 N.m/s) foram superior aos demais grupos ($p<0.01$).

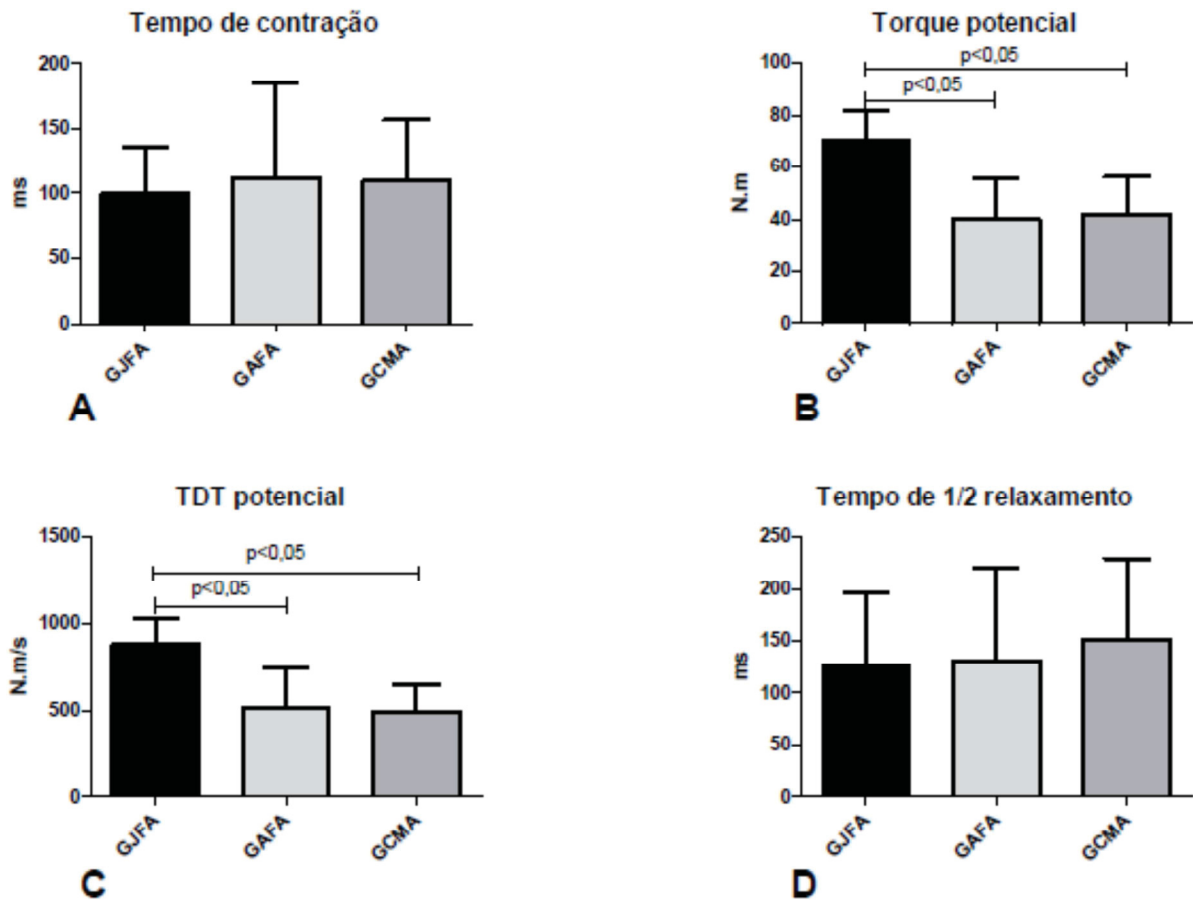


Figura 3. 16 Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A- Tempo de contração; B- Torque potencial; C- TDT potencial; D- tempo de $\frac{1}{2}$ relaxamento.

3.4 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo principal comparar a função neuromuscular, arquitetura muscular e intensidade do eco entre corredores masters fundistas, adultos fisicamente ativos e jovens fisicamente ativos.

Os principais achados do estudo sugerem que o treinamento crônico de corrida predominantemente de resistência aeróbia parece preservar algumas variáveis analisadas, tais como ângulo de penação, comprimento do fascículo, nível de ativação voluntária, tempo de contração e tempo de meio relaxamento, pois elas foram similares entre os corredores masters e os jovens fisicamente ativos. Entre os corredores masters e os adultos fisicamente ativos somente o ângulo de penação foi superior nos atletas, indicando possível adaptação específica ao treinamento de corrida.

3.4.1 Arquitetura muscular

Trabalhos anteriores já evidenciaram que o processo de envelhecimento natural está associado com diferentes alterações na arquitetura muscular (KUBO et al., 2003; NARICI et al., 2003). No presente estudo, a área de secção transversa, e o ângulo de penação foram similares entre os jovens e os corredores masters.

Em estudos longitudinais, foi demonstrado que a área de secção transversa é significativamente menor em idosos do que nos mais jovens (DELMONICO et al., 2009; FRONTERA et al., 2000b). Contudo, nesses estudos não foi levado em consideração o nível de atividade, o que torna difícil analisar com maior clareza o papel do exercício físico realizado durante muitos anos nas alterações relacionadas à idade na arquitetura muscular.

Alguns estudos foram realizados levando em consideração o nível de atividade física dos participantes, como um estudo transversal que equiparou essa variável em participantes fisicamente ativos, sendo 16 idosos com idades entre 70-81 anos e 14 homens adultos com idades entre 27 e 42 anos (NARICI et al., 2003). Corroborando com os achados dos estudos longitudinais citados anteriormente, também foi evidenciado que o envelhecimento acarreta alterações na arquitetura muscular (AST, comprimento do fascículo e ângulo de penação). No entanto, os participantes desse estudo nunca estiveram envolvidos com programas de treinamento físico sistematizado, o que pode limitar a interpretação dos resultados encontrados.

Em estudo realizado com atletas, foi comparada a área de secção transversa de participantes com idades entre 70 a 90 anos, provenientes de provas de longa duração (corredores e esquiadores cross-country) e de força-velocidade (velocistas, saltadores e arremessadores), com idosos destreinados (SIPILA et al., 1991). Os resultados encontrados apontaram que independentemente da modalidade praticada, o treinamento físico crônico leva a importantes adaptações na arquitetura muscular (área de secção transversa e espessura muscular), sendo uma importante contramedida para as alterações relacionadas ao envelhecimento.

Mikkelsen *et al.* (2013) selecionou 15 atletas masters de corrida de resistência (idade de 64 ± 4 anos), 12 idosos sedentários saudáveis para grupo controle (idade de 66 ± 4 anos), 10 jovens treinados em corridas (idade de 26 ± 4 anos) e 12 jovens

destreinados saudáveis (idade de 24 ± 3 anos). Na análise da área de secção transversa do quadríceps femoral, os atletas masters apresentaram valores superiores em relação a idosos da mesma idade, assim como os jovens treinados apresentaram valores superiores ao grupo da mesma idade.

Os trabalhos citados anteriormente corroboram com os resultados do presente estudo, no qual o grupo de corredores masters apresentou área de secção transversa equivalente ao grupo de jovens fisicamente ativos. Esses resultados sugerem que o treinamento físico crônico de corrida predominantemente de resistência aeróbica parece atenuar as alterações provocadas pelo envelhecimento na área de secção transversa.

Adicionalmente, verificou-se que o ângulo de penação do grupo de corredores foi similar ao dos jovens e superior ao grupo de adultos fisicamente ativos, sugerindo que possa existir adaptação gerada pela especificidade das contrações musculares presentes na corrida.

A capacidade de gerar força varia conforme o ângulo de penação (KUBO et al., 2003). Um maior ângulo de penação tende a estar relacionado com uma maior área de secção transversa, permitindo que o músculo produza mais força. Aumentos do ângulo de penação e da espessura muscular relacionam-se a incrementos na quantidade de material contrátil que reflete em maior número de sarcômeros em paralelo, os quais conduzem a uma maior capacidade de produzir força (DEGENS, 2012).

Sabe-se que na corrida existe um elevado número de contrações excêntricas do quadríceps femoral que são demandadas para realizar as frenagens/suporte, sendo que o vasto lateral é um dos músculos mais recrutados, e, conseqüentemente, está susceptível às adaptações a esse tipo de contração (HAMNER; SETH; DELP, 2010).

De fato, a literatura mostra que contrações excêntricas parecem produzir maiores adaptações no tecido musculo-esquelético do que contrações concêntricas ou isométricas (SCHOENFELD, 2010; TIMMINS et al., 2016). As adaptações musculares ao trabalho muscular excêntrico parecem estar relacionadas a fatores como maior ocorrência de danos ao tecido muscular e ao elevado grau de tensão imposto sobre as fibras musculares ativas (GUILHEM et al., 2013; PANCHANGAM et al., 2008).

No entanto, os estudos encontrados na literatura são divergentes. No estudo de Karamanidis e Arampatzis (2005), o objetivo foi analisar se o treinamento crônico de corrida de resistência seria um estímulo suficiente para contrabalancear as alterações relacionadas à idade na arquitetura muscular do tríceps sural e quadríceps femoral. Participou do estudo um grupo de corredores idosos, idosos sedentários, corredores jovens e jovens sedentários. Todos os corredores tinham experiência mínima em corridas de 10 anos. Os resultados encontrados indicaram que tanto o ângulo de penação como o comprimento do fascículo do vasto lateral foram similares entre todos subgrupos, inclusive quando comparado aos sedentários, sugerindo que o treinamento crônico de corrida não seria um estímulo suficiente tanto para prevenir, como para gerar adaptações específicas na arquitetura muscular (ângulo de penação, comprimento do fascículo e espessura muscular). No entanto, nesse estudo não são reportadas claramente as características do treinamento dos atletas, o que dificulta a interpretação dos resultados. Tampouco é mencionado detalhadamente o local de realização da imagem ultrassonográfica, o que dificulta comparações entre os estudos. É importante salientar que todos os grupos apresentaram valores inferiores de ângulo de penação e espessura muscular aos dos corredores do presente estudo.

Em outro estudo, Korhonen (2009) avaliou a arquitetura muscular de corredores velocistas com idade entre 17 e 88 anos. Foi encontrado que o comprimento do fascículo não diferiu entre os grupos etários, enquanto que diferenças no ângulo de penação somente foram verificadas quando se comparou o grupo de 70-82 com o grupo 17-33 anos. Os grupos etários de 50-59 e 60-69 anos apresentaram valores médios de ângulo de penação de $16.0 \pm 4.8^\circ$ e $15.3 \pm 3.2^\circ$, respectivamente, e, são ligeiramente inferiores aos apresentados pelos corredores do presente estudo. Os valores médios do ângulo de penação dos corredores do presente estudo ($17.8 \pm 3.6^\circ$) se assemelharam com os valores apresentados pelo grupo etário 40-49 anos ($17.7 \pm 3.4^\circ$).

Existem evidências na literatura indicando que as características arquitetônicas possam ser influenciadas pelas especificidades do treinamento. No estudo de Abe, Kumagai e Brechue *et al.* (2000), foram avaliadas características arquitetônicas dos músculos vasto lateral, gastrocnêmio medial e lateral de corredores velocistas (21.0 ± 2.3 anos) e fundistas (22.4 ± 2.3 anos) de nível internacional. Os valores médios de ângulo de penação apresentados pelos

velocistas e fundistas foram de $18.5 \pm 3.1^\circ$ e $23.7 \pm 2.1^\circ$, enquanto que o comprimento do fascículo foi de $8.83 \pm 1.55\text{cm}$ e $6.15 \pm 0.61\text{cm}$, respectivamente. Esse fato sugere que as diferenças encontradas na arquitetura muscular entre velocistas e fundistas possam estar relacionadas às adaptações específicas ao treinamento dos atletas.

No presente estudo o grupo de corredores apresentou valores de ângulo de penação similares ao grupo de corredores velocistas do estudo de Abe, mesmo levando em consideração a diferença etária e nível dos atletas. O comprimento do fascículo foi superior ao dos corredores fundistas ($7.44 \pm 1.56\text{cm}$ versus $6.15 \pm 0.61\text{cm}$) e inferior ao dos corredores velocistas ($8.83 \pm 1.55\text{cm}$).

Essas evidências a respeito de adaptações da arquitetura muscular em decorrência da especificidade do exercício são corroboradas por Kubo (2003), que relata que o ângulo de penação está diretamente ligado à relação entre força-comprimento muscular, e um maior comprimento do fascículo tende a aumentar a velocidade de encurtamento do músculo, pois aumenta-se o número de sarcômeros que estão em série.

Nesse contexto, o modelo teórico proposto por Maxwell et al. (1974) descreve a interação entre as variáveis que determinam a arquitetura muscular. A partir dele foi proposto que a um determinado comprimento muscular, número de fibras e comprimento do fascículo, os aumentos na área de secção transversa devem ser acompanhados por aumentos no ângulo de penação. Adicionalmente, sugere-se no modelo que, variando o ângulo de penação, o comprimento do fascículo deve mudar, ou seja, um comprimento do fascículo maior resultaria em um menor ângulo de penação, mesmo com comprimento total do músculo e área de secção transversa permanecendo constantes.

Dessa forma, a hipótese de que os corredores masters apresentariam arquitetura muscular similar a dos jovens fisicamente ativos foi parcialmente confirmada, pois, os valores da área de secção transversa e do ângulo de penação foram similares entre os grupos. A hipótese de que os corredores masters apresentariam maiores valores de arquitetura muscular do que os adultos fisicamente ativos também foi parcialmente confirmada, pois somente o ângulo de penação foi superior nos corredores.

Esses achados são relevantes, pois sugerem que o treinamento crônico de corrida predominantemente aeróbio pode causar modificações importantes no tecido muscular no sentido de atenuar efeitos do envelhecimento em alguns indicadores da

arquitetura muscular, especificamente a área secção transversa e o ângulo de penação do vasto lateral.

3.4.2 Qualidade muscular

A média e mediana da intensidade do eco foram similares entre o grupo de corredores masters e o de adultos fisicamente ativos. Tanto os corredores como os adultos apresentaram valores superiores aos dos jovens.

Sabe-se que durante o processo de envelhecimento, além da redução da massa muscular, também pode existir o aumento da infiltração de elementos intramusculares não contráteis. Existem evidências indicando que essa mudança na composição muscular é causada pela deposição de lipídios musculares (GOODPASTER et al., 2001; PILLEN, 2010; SIPILA; SUOMINEN, 1991), que pode ser causada pela maior expressão da proteína relacionada à diferenciação do conteúdo de adipócitos nos músculos de indivíduos mais velhos (CONTE et al., 2013). Principalmente a partir dos 50 anos de idade observar-se um maior acúmulo de gordura, entretanto, a partir dos 60 anos esse acúmulo se torna mais acentuado (ARTS et al., 2010; WATANABE et al., 2013).

Embora os mecanismos que levam ao acúmulo de gordura intramuscular necessitem de mais investigações, o aumento de elementos não contráteis pode mascarar a redução de massa muscular esquelética (SIPILA E SUOMINEN, 1993), constituindo assim um mecanismo importante relacionado à dinapenia. Além disso, o acúmulo de gordura intramuscular tem sido associado com o declínio na funcionalidade e desordens metabólicas, como o diabetes do tipo II (GOODPASTER; THAETE; KELLEY, 2000; YOUNG et al., 2015).

Nesse sentido, alterações na proporção de elementos intramusculares não contráteis acessadas por meio da ultrassonografia indicam que um aumento na intensidade do eco é causado primariamente pelo aumento de gordura e tecido conectivo (ARTS et al., 2010; PILLEN et al., 2009; SIPILA; SUOMINEN, 1993). Além disso, existem evidências de que a intensidade do eco se correlaciona negativamente com a força muscular, aptidão cardiovascular e capacidade funcional em diferentes grupos etários (CADORE et al., 2012; FUKUMOTO; IKEZOE; YAMADA, 2012; MOMPIELA et al., 2016; NISHIHARA et al., 2014).

Poucos estudos buscaram investigar as alterações da intensidade do eco relacionadas ao envelhecimento e levando em consideração o nível de atividade física. No estudo de Sipila (1991), comparou-se a intensidade do eco do quadríceps de atletas masters oriundos de modalidades esportivas predominantemente de resistência (corredores e esquiadores), potência (velocistas, saltadores e lançadores) e idosos sedentários. Foi constatado que, independentemente da modalidade esportiva, os atletas possuem melhor qualidade muscular do que os idosos sedentários, indicando que o treinamento físico crônico pode minimizar o acúmulo de tecido conectivo e gordura intramuscular.

Recentemente Fukumoto et al. (2018) realizaram estudo longitudinal e analisaram as alterações da intensidade do eco vasto lateral e reto femoral relacionadas ao envelhecimento, mas levando em consideração o nível de atividade física dos indivíduos. Um dos grupos foi formado por idosos com altos níveis de atividade física (treinavam pelo menos duas vezes na semana e eram praticantes de caminhada, corrida, natação, tênis e ginástica). O outro grupo foi composto por idosos com baixos níveis de atividade física (sedentários ou insuficientemente ativos). Verificou-se que os idosos que tinham altos níveis de atividade física diminuíram a intensidade do eco ao longo dos 4 anos de estudo, enquanto que os idosos com baixos níveis de atividade física não tiveram alterações significativas. Esses achados conflitam com os resultados do presente estudo, pois o grupo de corredores apresentou valores de média e mediana da intensidade do eco superiores aos jovens. Apesar disso, os valores foram similares entre os corredores e os adultos fisicamente ativos, o que pode nos levar a especular que o exercício físico predominantemente aeróbico possa não ser um estímulo suficiente para evitar o acúmulo de elementos intramusculares não contráteis, mas considerável para retardá-lo.

Importante salientar que os valores reportados da intensidade do eco apresentaram grande variação entre os estudos encontrados na literatura. Isso provavelmente ocorreu pela diversidade de protocolos de avaliação no que diz respeito ao músculo analisado, região da coleta assim como diferenças de dispositivos e configurações dos mesmos sugerindo cautela ao comparar os resultados (ARTS et al., 2010).

A hipótese inicial de que os corredores masters apresentariam resultados similares ao dos jovens fisicamente ativos foi rejeitada, pois os valores apresentados

pelos corredores foram inferiores aos dos jovens. Assim como a hipótese de que os corredores máster apresentariam menores valores de média e mediana da intensidade do eco do que os adultos fisicamente ativos, pois, os dois grupos apresentaram resultados similares.

3.4.3 Função neuromuscular

O nível de ativação voluntária, o tempo de contração e o tempo de meio relaxamento foram similares entre os três grupos, no entanto, a TDT 30 e 50 só foi similar ao grupo de adultos. O grupo de jovens foi superior aos grupos mais velhos nas demais variáveis da função neuromuscular analisadas, enquanto que não houve diferença em nenhuma variável entre o grupo de adultos e os corredores.

Trabalhos anteriores já evidenciaram que o processo de envelhecimento natural está associado com diferentes alterações na função neuromuscular, contudo, poucos foram os trabalhos encontrados que foram realizados com atletas masters de corrida com o intuito de verificar efeitos do treinamento crônico de resistência aeróbica sobre as alterações da função neuromuscular relacionadas ao envelhecimento. Além disso, os poucos estudos existentes são conflitantes, conforme será apresentado abaixo.

Sipila et al.(1991) investigaram a força muscular isométrica dos extensores do joelho de idosos de 70 a 81 anos de idade, treinados em força (arremessadores e levantadores de peso), velocidade (corredores velocistas e saltadores), resistência (corredores fundistas e esquiadores cross-country) e sedentários. Os resultados mostraram que todos os atletas, independentemente da modalidade praticada, apresentaram força isométrica superior aos idosos sedentários de mesma idade.

Em outro estudo, Tarpenning et al. (2004) também analisaram a força isométrica dos extensores do joelho de corredores masters de 40-88 anos de idade. Os atletas foram agrupados em grupos etários a cada 10 anos. Verificou-se que reduções significativas na força isométrica só se iniciaram por volta 70 anos de idade.

O trabalho realizado por Aagaard (2007) corrobora os achados de Sipila et al. (1991). Participaram desse estudo idosos com idade de 70 a 74 anos treinados em resistência aeróbia (corredores e ciclistas), treinados em força (corredores

velocistas, saltadores e arremessadores) e sedentários. Foi evidenciado que tanto os idosos treinados em força (2.88 ± 0.63 N.m/kg), quanto os treinados em resistência (2.88 ± 0.49 N.m/kg) demonstraram valores de contração isométrica voluntária máxima superiores aos não treinados (2.21 ± 0.52 N.m/kg). Os resultados de Aagaard corroboram com os do presente estudo, onde os valores encontrados foram de 2.99 ± 0.66 N.m/kg e 2.79 ± 0.38 N.m/kg, para o grupo de corredores e adultos fisicamente ativos.

Mais recentemente, Zampieri (2014) comparou a função muscular de idosos sedentários com idade de 71.4 ± 3.0 anos, idosos atletas de 70.2 ± 4.0 anos e jovens de 27.3 ± 4.2 anos. No grupo de idosos atletas foram incluídos atletas que praticavam modalidades esportivas de força, de resistência aeróbia e de jogos esportivos. Os valores médios de torque corrigidos pela massa corporal foram de 3.2 ± 0.6 , 1.7 ± 0.3 e 2.2 ± 0.3 N.m/kg, para jovens, idosos sedentários e idosos atletas, respectivamente. Esses dados também corroboram os achados do presente estudo, com o grupo de corredores masters apresentando valores médios de 2.99 ± 0.6 N.m/kg, bastante próximo ao de um jovem.

Em contrapartida, outros estudos mostraram resultados opostos. No trabalho de Harridge et al.(1997), que teve como objetivo avaliar a força isométrica voluntária máxima e propriedades contráteis dos extensores do joelho, participaram idosos treinados em resistência com idade de 70-100 anos (praticantes de caminhada e corrida), sedentários de 68-92 anos e jovens fisicamente ativos. Os valores médios de torque corrigidos pela massa corporal foram de 1.6 ± 0.4 N.m/kg, 1.5 ± 0.5 N.m/kg e 2.5 ± 0.5 N.m/kg, para os idosos treinados, sedentários e jovens, respectivamente. Verificou-se nesse estudo que os idosos treinados apresentaram valores similares aos idosos sedentários, indicando que o treinamento crônico de resistência aeróbia por meio de caminhada ou corrida exerce um pequeno efeito no sentido de preservar a força e propriedades contráteis do músculo.

Os valores encontrados no presente estudo para os corredores masters são superiores aos encontrados por Harridge, inclusive ao dos jovens, provavelmente pela diferença do modelo do equipamento utilizado e protocolo de avaliação, o que torna difícil a comparação.

De fato, parece que o treinamento predominantemente de resistência aeróbia pode exercer um importante papel no sentido de atenuar as alterações do envelhecimento na função neuromuscular. Apesar disso, as reduções da força

muscular são inevitáveis e se devem a uma ampla variedade de mecanismos, incluindo a redução da massa muscular e alterações no processo de acoplamento excitação-contração muscular (AAGAARD et al., 2010). Além disso, parte da redução da força durante o envelhecimento está relacionada a mecanismos corticais e capacidade do sistema nervoso de ativar completamente de forma voluntária o músculo esquelético (CLARK; TAYLOR, 2011).

O nível de ativação voluntária é habitualmente avaliado usando o método de contração interpolada (ITT – interpolated twitch technique). Assim, durante esforços voluntários máximos, qualquer incremento na força evocada por um estímulo elétrico indica que a ativação voluntária é menor do que 100%. Ou seja, algumas unidades motoras não são recrutadas ou não estão disparando rápido o suficiente para produzir contrações interpoladas (MERTON; HOSPITAL; SQUARE, 1954b). Dessa forma, a força extra evocada pela estimulação elétrica durante a contração pode ser quantificada em comparação com a força produzida pelo músculo inteiro. Assim, a ativação voluntária máxima representa a proporção de força muscular que pode ser produzida durante uma contração voluntária.

A respeito do comportamento do nível de ativação voluntária com o avanço da idade, os resultados são bastante controversos. Alguns estudos reportam que existe uma redução, particularmente após os 70-75 anos, em extensores do joelho e cotovelo (CLARK; TAYLOR, 2011; HARRIDGE, S; KRYGER, A; STENSGAARD, 1999; MAU-MOELLER et al., 2013; MORSE et al., 2004). Por outro lado, outros estudos não encontraram diferença no nível de ativação voluntária entre adultos jovens e idosos (HURLEY; REES; NEWHAM, 1998; ROOS et al., 1999).

Os dados do presente estudo apontaram não existirem diferenças no nível de ativação voluntária entre os grupos analisados e são corroborados por estudos prévios que apontam que indivíduos treinados em resistência apresentam altos níveis de ativação voluntária (CLARK; TAYLOR, 2011). Esses achados são importantes à medida que pequenos déficits no nível de ativação voluntária podem representar grandes déficits na produção de força (KOOISTRA; RUITER; DE HAAN, 2007). Adicionalmente, existem evidências sobre a relevância clínica de um déficit no nível de ativação voluntária do joelho estar associado com o desenvolvimento de incapacidade e redução da funcionalidade (MANINI et al., 2007; PLOUTZ-SNYDER et al., 2002).

A respeito da taxa de desenvolvimento de torque, verificou-se no presente estudo que ela foi menor nos corredores e nos adultos em comparação com os jovens, corroborando com dados encontrados na literatura. A capacidade para exercer rapidamente a força reflete a habilidade de atingir o mais rápido possível determinada magnitude de força muscular durante a fase inicial de aumento da força (0-200ms) (AAGAARD et al., 2010).

As diferenças encontradas entre os grupos podem estar relacionadas às propriedades contráteis do músculo. Existem evidências indicando que alterações nas propriedades intrínsecas do músculo podem estar acompanhadas de ativação voluntária prejudicada, o que leva à redução da taxa de desenvolvimento de torque durante contrações voluntárias rápidas (KLASS et al., 2008). Geralmente, a resposta mecânica reduz com o envelhecimento, enquanto que o tempo de contração e de meio relaxamento aumentam (BRISWALTER; NOSAKA, 2013b; ROOS et al., 1999).

Alguns estudos se dedicaram a estudar as alterações relacionadas ao envelhecimento da taxa de desenvolvimento de torque e propriedades contráteis dos extensores do joelho no atleta máster.

Em estudo realizado por Aagaard (2007), participaram idosos com 70.5-73.9 anos, treinados cronicamente resistência aeróbia (corredores e ciclistas), treinados em força (corredores de velocidade, saltadores e arremessos) e sedentários. Foi encontrado que a taxa de desenvolvimento de torque foi mais elevada nos atletas treinados em força, mas não em resistência, se comparado aos sedentários de mesma idade. Esses resultados indicam que o treinamento de força é mais eficaz do que o treinamento predominantemente aeróbio como contramedida para a redução da taxa de desenvolvimento de torque relacionada ao envelhecimento.

No estudo de Louis et al. (2009), as propriedades contráteis de corredores e ciclistas idosos foram comparadas a de jovens atletas treinados em corrida e ciclismo. Verificou-se nesse estudo que os atletas idosos possuem tempo de contração e tempo de 1/2 relaxamento mais lentos do que os atletas jovens. Contrariamente aos resultados reportados por Louis, os corredores do presente estudo não apresentaram diferença nessas variáveis em relação ao grupo de jovens fisicamente ativos, sugerindo que o treinamento crônico de corrida possa induzir adaptações neuromusculares específicas e exercer importante efeito protetor.

Em estudo realizado com atletas jovens de elite que teve como objetivo comparar propriedades contráteis do músculo (ERELINE; GAPEYEVA; PÄÄSUKE, 2011), os participantes foram divididos em três grupos, de acordo com a modalidade praticada: esquiadores nórdicos, esquiadores cross-country e sedentários (n=14). Foi encontrado que os esquiadores nórdicos possuem pico de torque em repouso superior e tempo de contração mais lento do que os demais grupos. O tempo de meio relaxamento só foi mais rápido do que os jovens sedentários.

Dessa forma, parece que o treinamento de corrida realizado ao longo de muitos anos pode causar importantes modificações na função neuromuscular, podendo atenuar alterações relacionadas ao envelhecimento em alguns indicadores, especificamente no nível de ativação voluntária, tempo de contração e tempo de meio relaxamento.

A hipótese inicial de que os corredores masters apresentariam função neuromuscular similar a dos jovens fisicamente ativos foi parcialmente confirmada, pois, os valores apresentados foram similares entre os grupos para o nível de ativação voluntária, tempo de contração e tempo de meio relaxamento. A hipótese de que os corredores apresentariam função neuromuscular superior aos adultos fisicamente ativos foi rejeitada, pois os dois grupos apresentaram resultados similares em todas as variáveis analisadas.

3.5 CONCLUSÕES

Este estudo teve por objetivo comparar a função neuromuscular, arquitetura muscular e qualidade muscular entre corredores fundistas masters, adultos fisicamente ativos e jovens fisicamente ativos.

Os resultados da arquitetura muscular indicaram que o ângulo de penetração foi maior nos corredores masters se comparado aos adultos fisicamente ativos, o que pode indicar influência das contrações excêntricas presentes na corrida.

Os resultados da qualidade muscular indicaram que tanto os corredores masters como os adultos fisicamente ativos apresentaram pior qualidade muscular em relação aos jovens fisicamente ativos, o que pode ser explicado por uma maior quantidade de elementos intramusculares não contráteis.

Os resultados da função neuromuscular apontaram que os corredores masters apresentaram nível de ativação voluntária, tempo de contração e tempo de meio relaxamento semelhantes aos jovens, porém não se diferenciou dos adultos ativos, indicando que altos níveis de atividade física podem ser benéficos para a manutenção dessas variáveis.

Algumas limitações são observadas no presente estudo. Primeiramente, devido à natureza transversal do estudo, os achados podem ter sido afetados por fatores genéticos e fatores constitucionais, o que restringe as conclusões que podem ser feitas sobre adaptações fisiológicas crônicas do atleta idoso.

Em suma, o treinamento crônico de corrida predominantemente de resistência aeróbica parece exercer efeito protetivo para algumas alterações da função neuromuscular e arquitetura muscular relacionadas ao envelhecimento. Contudo, estudos longitudinais são necessários para fornecer maiores evidências sobre o assunto.

CAPÍTULO IV – ESTUDO 2

FUNÇÃO NEUROMUSCULAR, ARQUITETURA MUSCULAR E QUALIDADE MUSCULAR: COMPARAÇÃO ENTRE CORREDORES MASTERS FUNDISTAS DE MEIA IDADE E IDOSOS

4.1 INTRODUÇÃO

O aumento da expectativa de vida é uma realidade, é grande a preocupação para se tentar melhorar a qualidade de vida durante o processo de envelhecimento é grande (BRISWALTER; NOSAKA, 2013a). O processo de envelhecimento está associado a uma variedade de alterações na função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular que são mais evidentes a partir dos cinquenta anos e se acentuam a partir dos sessenta, afetando principalmente os membros inferiores de homens e mulheres (CANDOW; CHILIBECK, 2005; CLARK; TAYLOR, 2011; KUBO et al., 2003; TICINESI et al., 2018). Uma das principais estratégias adotadas para reduzir ou prevenir essas alterações é a prática de atividades físicas (ACSM, 1999).

Um número crescente de indivíduos mais velhos tem mantido maiores níveis de atividade física e, conseqüentemente melhores níveis de capacidade funcional e qualidade de vida por meio do exercício físico (WROBLEWSKI et al., 2011). Um exemplo típico são os atletas masters, que continuam treinando e competindo de forma regular e estruturada, muitas vezes com o objetivo de melhorar o desempenho esportivo (BRISWALTER; NOSAKA, 2013a). Esses indivíduos representam um modelo único para o estudo dos efeitos de níveis elevados de atividade física no envelhecimento, sendo considerado o melhor grupo de controle em pesquisas sobre declínio físico-funcional humano relacionado à idade, pois com esse público é possível minimizar os efeitos do envelhecimento primário relacionados ao estilo de vida (KUSY, KRZYSZTOF; ZIELINSKI, 2014; KUSY; ZIELIN, 2015; MCKENDRY et al., 2019; REABURN; DASCOMBE, 2008; TARPENNING et al., 2006).

Em se tratando de atletas master de modalidades predominantemente de força e velocidade, que utilizam em larga escala o treinamento de força, sabe-se que eles possuem importantes adaptações na função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular, que são específicas ao tipo de preparação realizada (MAU-MOELLER et al., 2013; MCKENDRY et al., 2018; UNHJEM et al., 2016; UNHJEM; LUNDESTAD; FIMLAND, 2015; AAGAARD, PER; MAGNUSSON, P.S.; LARSSON,

BENNY; KJAER, MICHAEL; KRUSTRUP, 2007). Diferentes estudos reportaram que mesmo indivíduos idosos são capazes não apenas de manter, mas de melhorar a função neuromuscular como consequência do treinamento de força (ANIANSSON; GUSTAFSSON, 1981; FRONTERA et al., 1988; UNHJEM et al., 2016; UNHJEM; LUNDESTAD; FIMLAND, 2015).

Por outro lado, em relação ao treinamento crônico de corrida com características predominantes de resistência aeróbica, existem fortes evidências de que ele proporciona importantes benefícios relacionados às variáveis metabólicas e cardiorrespiratórias, conforme resultados reportados em estudos prévios (KUSY, 2014; REABURN; DASCOTBE, 2008; TANAKA; SEALS, 2008). Recentemente, em estudo de meta-análise realizado por Mckendry (2018), foi verificado que os atletas masters treinados em resistência aeróbia possuem valores de $VO_{2\text{máx}}$ 57% mais altos se comparados com seus pares destreinados e similares a jovens fisicamente ativos.

Apesar dos efeitos do treinamento predominantemente aeróbico em variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas já serem bem estabelecidos, os benefícios desse tipo de treinamento sobre alterações da função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular relacionadas ao envelhecimento ainda não foram bem elucidados e os estudos são mais escassos se comparados com aqueles que avaliaram variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas (AAGAARD, PER; MAGNUSSON, P.S.; LARSSON, BENNY; KJAER, MICHAEL; KRUSTRUP, 2007; BRISSWALTER; NOSAKA, 2013b; MCKENDRY et al., 2018).

Espera-se que os indivíduos treinados cronicamente em corrida predominantemente aeróbica apresentem taxa de declínio da função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular diferente do que seria esperado para a população de mesma idade sedentária. Entretanto, os estudos encontrados são controversos, alguns reportam que atletas masters treinados em resistência aeróbica possuem função muscular superior em comparação com a média populacional da mesma idade (SIPILA; SUOMINEN, 1991; TARPENNING et al., 2004). Enquanto outros reportam alterações do envelhecimento similares à população sedentária sugerindo pouco ou nenhum efeito protetivo do treinamento de corrida sobre a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular (HARRIDGE; MAGNUSSON;

SALTIN, 1997; MARCELL, TAYLOR J; HAWKINS, STEVEN A.; WISWELL, 2014; POWER et al., 2010, 2016). Além disso, entre os trabalhos mencionados, somente Tarpenning (2004) investigou corredores de diferentes categorias etárias, portanto, não se sabe com clareza se indivíduos mais velhos, porém com rotinas de treinamento similares apresentam efeitos similares sobre a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular.

Adicionalmente, os trabalhos prévios realizados analisaram a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular de forma isolada, fato que limita uma caracterização mais abrangente sobre o envelhecimento, tendo em vista que as alterações neurais precedem as musculares.

Portanto, se faz relevante analisar os efeitos do treinamento crônico de corrida sobre o desempenho esportivo, função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular em atletas máster de diferentes categorias etárias, mas, com características similares da carga de treinamento.

4.1.1 Objetivo geral

Comparar o desempenho esportivo, a função neuromuscular, a arquitetura muscular e a qualidade muscular entre corredores masters adultos e idosos.

4.1.2 Objetivos específicos

Identificar o desempenho esportivo de corredores adultos e corredores idosos.

Investigar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular do músculo vasto lateral de corredores adultos e corredores idosos.

4.1.3 Hipóteses

H1- os corredores idosos apresentarão desempenho esportivo similar ao dos corredores idosos adultos.

H2- os corredores idosos apresentarão função neuromuscular similar à dos corredores adultos.

H3- os corredores idosos apresentarão arquitetura muscular similar à dos corredores adultos.

H4- os corredores idosos apresentarão qualidade muscular similar à dos corredores adultos.

4.2. MÉTODOS

4.2.1 Caracterização do estudo

Trata-se de um estudo do tipo transversal, descritivo e comparativo causal. Os estudos transversais realizam todas as medições em um único momento, não existindo, portanto, período de acompanhamento dos indivíduos. Os estudos descritivos objetivam informar sobre a distribuição de um evento, na população, em termos quantitativos, ou seja, preocupa-se com o *status* da amostra estudada (THOMAS; NELSON, 2007).

O estudo comparativo causal é usualmente subordinado a uma ou mais questões científicas, as hipóteses. As diferenças entre os indivíduos podem ser comparadas, além de possibilitar o controle de fatores intervenientes (THOMAS; NELSON, 2007).

4.2.2 Participantes

Os corredores masters foram recrutados em equipes de corrida e clubes esportivos da cidade de Curitiba-PR, bem como, por meio de divulgação em diferentes meios de comunicação. Foram incluídos no estudo corredores que tivessem pelo menos 50 anos de idade, experiência de pelo menos cinco anos de

prática de corrida, com frequência semanal de treinos de no mínimo três vezes na semana com volume da carga de treinamento $\geq 15\text{km/sem}$ e que tenham participado de pelo menos 3 provas oficiais de no mínimo 5km no ano anterior a coleta de dados (TARPENNING et al., 2006).

Os critérios de exclusão adotados foram os seguintes: (a) histórico de doença cardiovascular/cardiopulmonar (infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral, angina pectoris, hipertensão) ou outra doença crônico-degenerativa como diabetes; (b) lesão ortopédica (músculos, tendões, articulações, ligamentos e/ou ossos) que impossibilitasse a realização do teste no dinamômetro isocinético.

A amostragem foi realizada de forma não probabilística, utilizando-se da técnica bola de neve, em que os indivíduos selecionados para serem estudados convidam novos participantes da sua rede de amigos e conhecidos. A bola de neve é comumente usada para acessar populações de baixa incidência e indivíduos de difícil acesso (SEDGWICK, 2013).

Dessa forma, foram recrutados para o estudo 41 corredores masters do sexo masculino que foram distribuídos em duas categorias etárias diferentes, a saber: (50 – 59, n= 25; >60, n= 16).

Para a classificação do nível esportivo dos atletas foi utilizado a “age-graded calculator”, ferramenta fornecida pela Federação Internacional de Atletismo Máster que permite calcular desempenho individual do atleta em relação ao recorde mundial de cada faixa etária (<http://www.mastersathletics.net/index.php?id=2595>). Dessa forma, obtém-se um valor percentual que segue a seguinte classificação:

>100% = Nível de recorde mundial.

>90% = nível mundial.

>80% nível nacional.

>70% = nível regional.

>0% = nível local.

4.2.3 Procedimentos gerais e instrumentos de coleta de dados

Os procedimentos gerais e instrumentos de coleta de dados para a antropometria, rotina de treinamentos/competições, função neuromuscular, arquitetura muscular e qualidade muscular, foram os mesmos adotados no estudo 1 e estão descritos capítulo 3 (ver seção 3.2.4).

4.2.4 Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do software SPSS 20.0 (IBM Ltda, Chicago IL, EUA). Todos os dados foram reportados em média \pm desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os dados que não apresentaram distribuição normal (peso, IMC, nível de treinamento na semana, tempo de prática, nível de ativação voluntária, tempo de contração, taxa de desenvolvimento de torque potencial, taxa de desenvolvimento de torque em 30 e 50 ms) foram submetidos transformação logarítmica e novamente testados. Para a comparação dos grupos, tanto análises paramétricas (teste t de *Student* para amostras independentes) quanto não paramétricas (teste U de Mann-Whitney) foram utilizadas. Em todos os cálculos foi fixado um nível de significância de $p < 0,05$.

4.3. RESULTADOS

4.3.1 Características dos participantes

A tabela 4.1 apresenta as características dos participantes. O peso, estatura, IMC, tempo de prática, NAFV, sessões de treino/semana duração da sessão foram semelhantes entre os grupos. Apenas a idade foi diferente entre os grupos ($t = 10.42$, $p < 0,0001$).

Tabela 4.1 Valores médios \pm desvio padrão das características dos participantes.

Variável	GCA (n=25)	GCI (n=16)
Idade (anos)	53.9 \pm 2.5*	64.4 \pm 3.5
Peso (kg)	76.5 \pm 12.3	70.5 \pm 9.8
Estatura (m)	1.7 \pm 0.06	1.7 \pm 0.06
IMC (kg/m ²)	25.1 \pm 3.7	23.6 \pm 3.1
Tempo prática (anos)	17.5 \pm 10.5	19.6 \pm 10.9
Tempo de treinamento(min/semana)	309.4 \pm 186.1	315.6 \pm 147.2
Sessões de treino/semana	4.4 \pm 2.3	4.4 \pm 0.9
Duração da sessão (min)	68.2 \pm 18.8	78.1 \pm 31
Treinamento complementar (n/%)	13/56	13/81

Nota: IMC – índice de massa corporal; NAFV – nível de atividade física vigorosa; * - $p < 0,0001$.

A tabela 4.2 apresenta a escolaridade dos participantes, percebe-se que a maioria possui ensino superior e pós-graduação.

Tabela 4. 2 Valores absolutos e relativos da escolaridade dos participantes

Escolaridade	GCA (n=25)	GCI (n=16)	TOTAL (n=41)
Ensino fundamental	2 (8%)		2 (5%)
Ensino médio	6 (24%)	4 (25%)	10 (24%)
Ensino superior	5 (20%)	5 (31%)	10 (24%)
Pós graduação	12 (48%)	7 (44%)	19 (47%)

A tabela 4.3 apresenta os dados referentes ao volume semanal de treinamento, as distâncias competitivas que os atletas mais participam, os recordes pessoais e o nível dos atletas nas distâncias de 5, 10, 21 e 42km. A maioria dos corredores adultos tem volumes semanais entre >15<30km (32%), >30<45km (20%) e >75km (20%). Entre os corredores idosos os volumes predominantes são entre >15 <30km (25%), >30<45km (31%) e >60< 75km (25%).

Em relação às distâncias competitivas relatadas como preferidas pelos atletas do GCA estão os 10km (52%), 21km (64%) e 42km (40%). Já os atletas do GCI relataram participar das provas de 10km (43,75%), 21km (62,5%) e 42km (43,75%).

Os resultados esportivos foram semelhantes entre os grupos em todas as provas analisadas, no entanto, o nível dos atletas foi superior no GCI em relação à GCA, em todas as distâncias competitivas.

Tabela 4. 3 Valores absolutos e relativos do volume semanal de treinamento e distâncias competitivas, valores médios \pm desvio padrão dos recordes pessoais e nível dos atletas.

Volume semanal de treinamento		
	GCA (n=25)	GCI (n=16)
>15km e <30km	8 (32%)	4 (25%)
>30km e <45km	5 (20%)	5 (31%)
>45km e <60km	3 (12%)	2(13%)
>60km e <75km	4 (16%)	4 (25%)
>75km	5 (20%)	1 (6%)
Distâncias competitivas		
5km	3 (12%)	1 (6.25%)
10km	13 (52%)	7 (44%)
>10km e <21km	5 (20%)	6 (38%)
21km	16 (64%)	10(63%)
42km	10 (40%)	7 (43%)
>42km	1 (4%)	1 (6%)
Recordes pessoais (hh:mm:ss)		
5km	00:23:01 \pm 0:05:03	00:22:15 \pm 00:02:59
10km	00:46:03 \pm 0:08:48	00:47:44 \pm 00:06:59
21km	01:40:04 \pm 0:17:42	01:39:47 \pm 00:16:28
42km	03:32:59 \pm 0:27:40	03:26:48 \pm 00:26:26
Nível do atletas (%)		
5km	67.3 \pm 12.9	73.5 \pm 10.9
10km	69.6 \pm 12.9	71.2 \pm 12.2
21km	71.3 \pm 11.9	74.2 \pm 10.6
42km	69.3 \pm 9.4	77.9 \pm 10.6

4.3.3 Arquitetura muscular

Os resultados da arquitetura muscular são apresentados na figura 4.1 (A, B, C e D). Os corredores mais jovens apresentaram maior área de secção transversa (GCA – 23 \pm 5.3 cm² e GCI – 19.4 \pm 4.9 cm², t= 2.2 e p<0,05), maior ângulo de penação (GCA – 18.7 \pm 3.7° e GCI - 16.3 \pm 2.8°, t=2.121 e p<0.05) e maior espessura muscular (GCA – 2.7 \pm 0.6cm e GCI – 2.3 \pm 0.7 cm, t=2.329 e p<0.05) do que os corredores idosos. Não foram encontradas diferenças entre os grupos para o comprimento do fascículo.

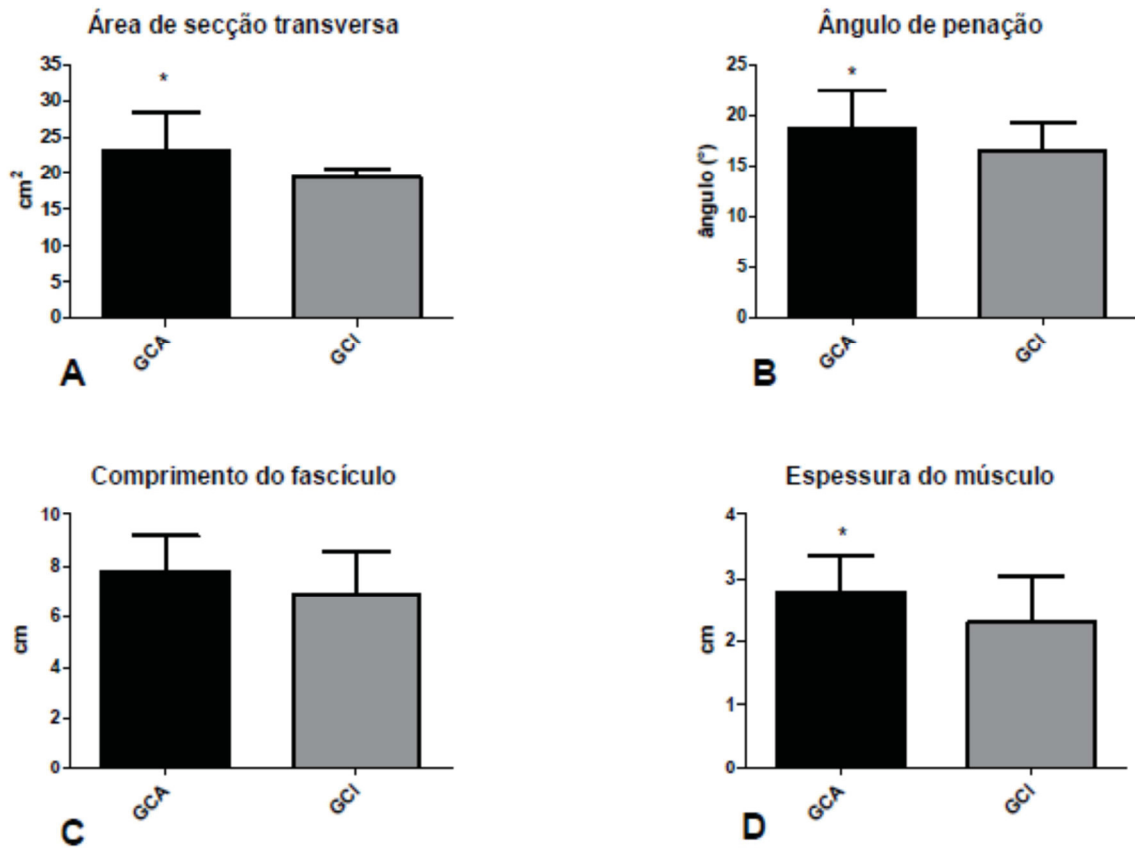


Figura 4.1 Valores médios \pm desvio padrão da: A- área de secção transversa; B- ângulo de penetração; C- comprimento do fascículo; D- espessura muscular. * diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

4.3.4 Qualidade muscular

A intensidade do eco é apresentada na figura 4.2. Pode-se observar que os corredores mais jovens apresentaram menor intensidade do eco, tanto na análise da média (GCA – 58.1 ± 11.6 UA e GCI – 67.7 ± 9 UA, $t=2.823$ e $p < 0.01$) quanto da mediana (GCA – 52.9 ± 13 UA e GCI – 63.9 ± 10.2 UA, $t= 2.866$ e $p, 0.01$).

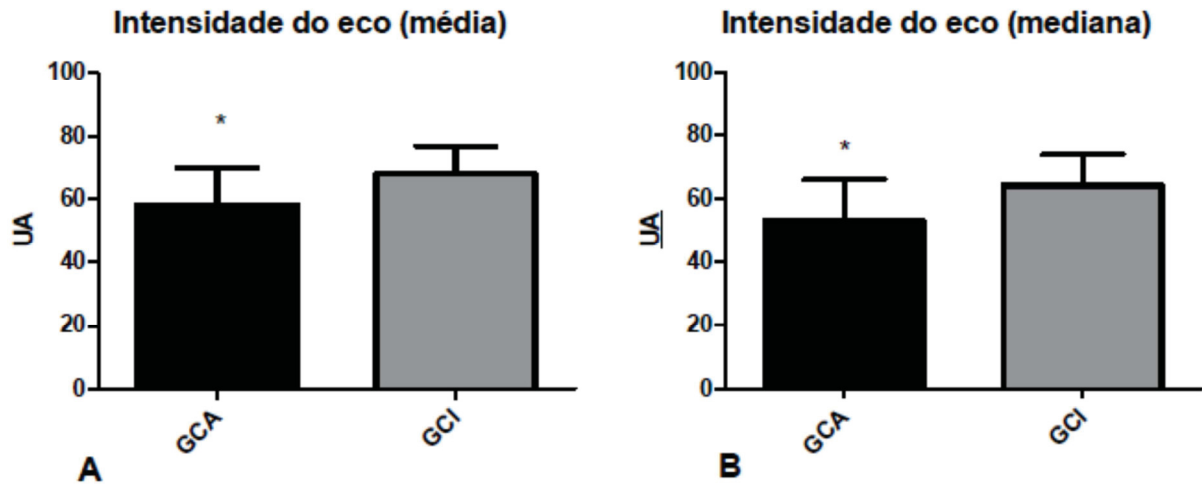


Figura 4.2 Valores médios \pm desvio padrão da: A- média da intensidade do eco; B- mediana da intensidade do eco. * diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$)

4.3.5 Função neuromuscular

Os resultados da função neuromuscular são apresentados nas figuras 4.3, 4.4 e 4.5 (A, B, C e D). O nível de ativação voluntária foi similar entre os grupos (GCA – $94.3 \pm 3.6\%$ e GCI – $90.6 \pm 8.3\%$), assim como o torque isométrico relativo (GCA – 3.1 ± 0.6 N.m/kg e GCI – 2.7 ± 0.7 N.m/kg) e a força específica (GCA – 10.6 ± 2.4 N.m/AST e GCI – 10.2 ± 2.4 N.m/AST). Apenas o torque isométrico absoluto foi superior nos corredores mais jovens (GCA – 238.1 ± 55.2 N.m e GCI – 195.5 ± 57.9 N.m) ($t=2.366$ $p < 0.05$).

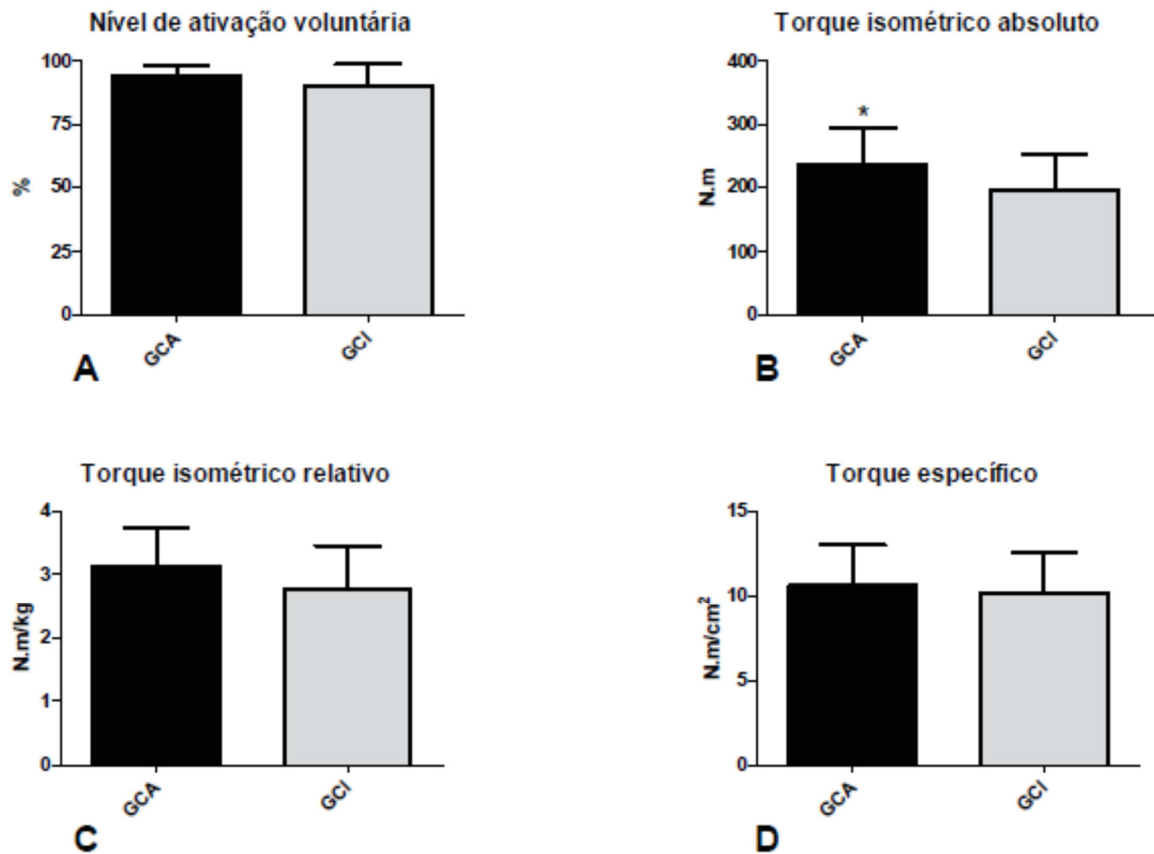


Figura 4.3 Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A-nível de ativação voluntária; B- Torque isométrico absoluto; C- Torque isométrico relativo; D- Torque específico. * diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

A TDT30 foi similar entre os grupos (GCA – 680.9 ± 457.5 N.m/s e GCI – 501.4 ± 344.1 N.m/s). A TDT50 também foi equivalente entre os grupos (GCA – 733.6 ± 471.1 N.m/s e GCI – 501.1 ± 273.2 N.m/s). A TDT100 foi superior nos corredores mais jovens (GCA - 730.5 ± 402.8 N.m/s e GCI - 504.5 ± 237.2 N.m/s, $t=2.025$, $p < 0,05$), assim como a TDT200 (GCA - 598.5 ± 260.9 N.m/s e GCI - 439.2 ± 175.6 N.m/s, ($t=2.025$, $p < 0,05$).

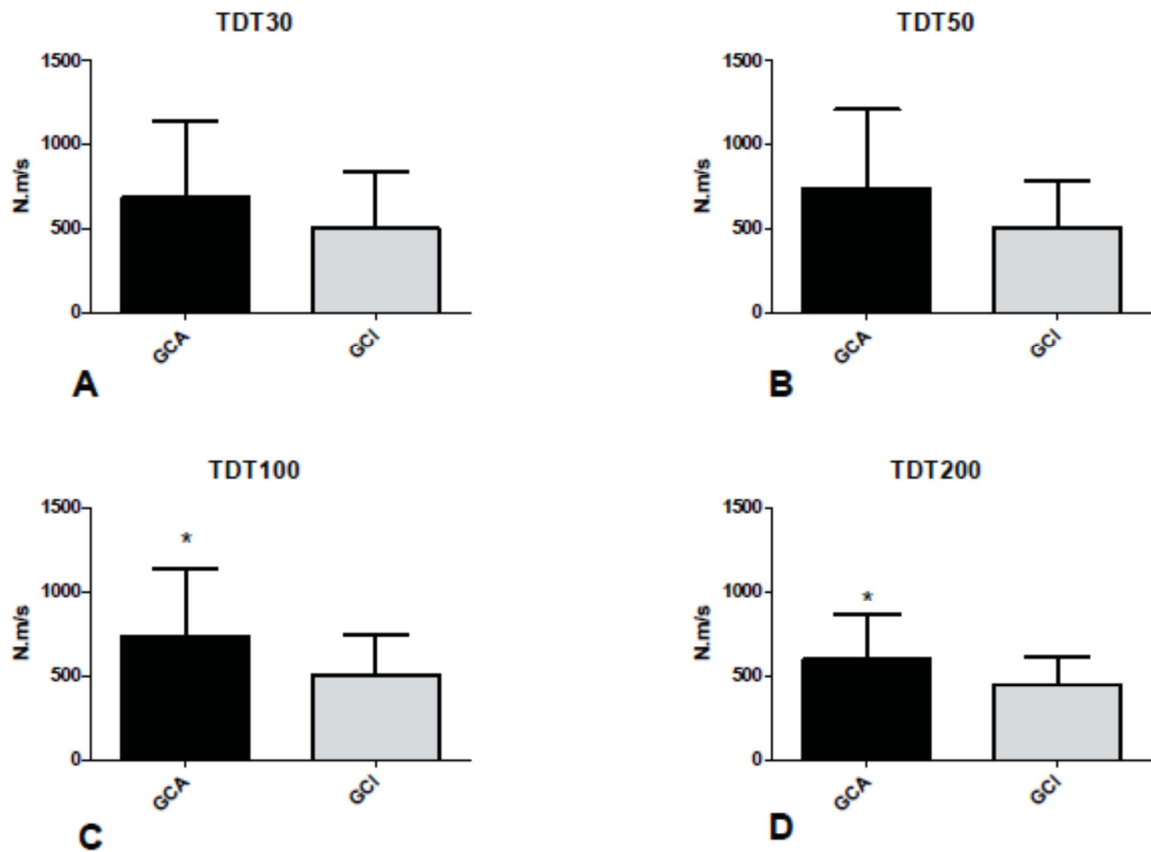


Figura 4. 4 Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A-TDT30; B- TDT50; C-TDT100; D- TDT200. * diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

Os resultados encontrados indicaram que todas as variáveis relacionadas às propriedades contráteis do vasto lateral foram similares entre os grupos. Para tempo de contração (GCA – 101.3 ± 31.2 ms e GCI – 128.2 ± 56.8 ms), torque potencial (GCA – 42.35 ± 15.4 ms e GCI – 40.87 ± 13.2 ms), taxa de desenvolvimento de torque potencial (GCA – 516.7 ± 170.1 N.m/s) e tempo de $\frac{1}{2}$ relaxamento (GCA – 136.7 ± 75.7 ms e GCI – 174.9 ± 76.8 ms).

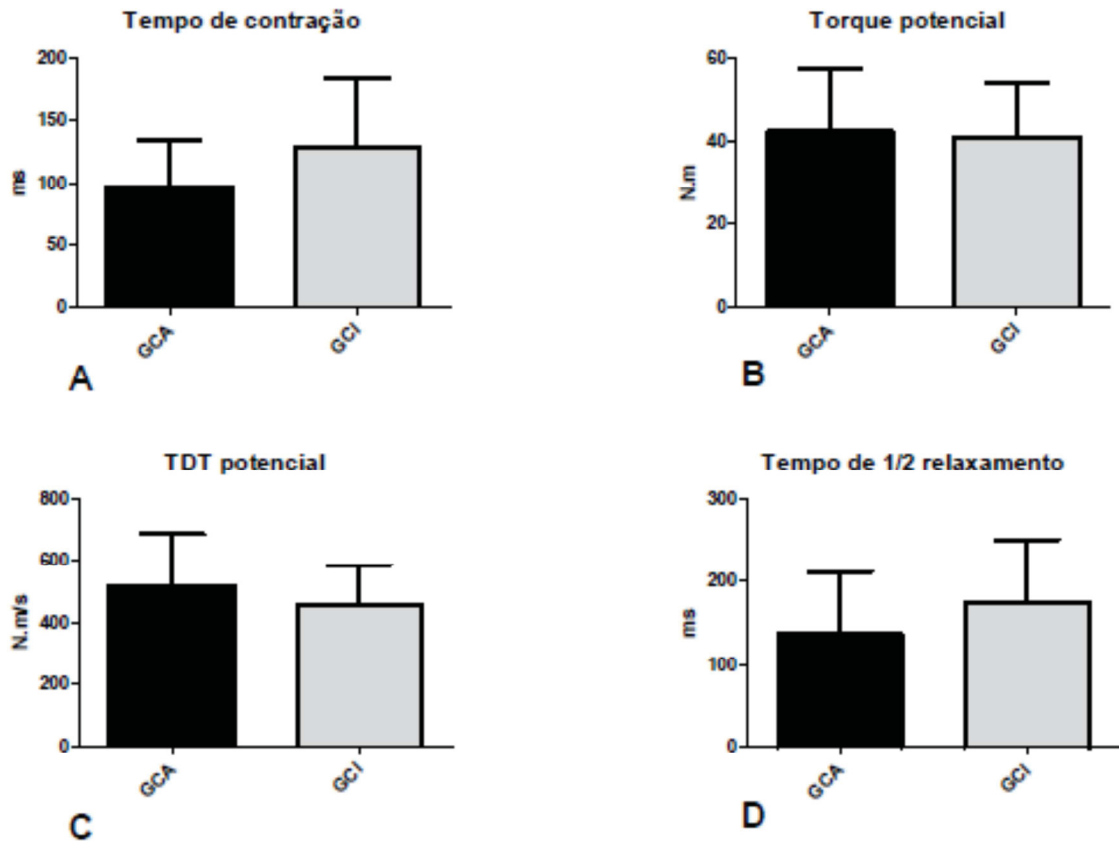


Figura 4.5 - Valores médios \pm desvio padrão da função neuromuscular: A- tempo de contração; B- torque potencial; C- taxa de desenvolvimento de torque potencial; D-tempo de meio relaxamento. * diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

4.4 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo principal comparar o desempenho esportivo, a função neuromuscular, a arquitetura muscular e a qualidade muscular entre corredores adultos e corredores idosos.

A hipótese central foi que o grupo de corredores idosos apresentaria desempenho esportivo, função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular similar a corredores adultos.

Os principais achados do estudo foram que a função neuromuscular foi similar entre os corredores adultos e idosos, com exceção do torque absoluto e da taxa de desenvolvimento de torque em 100 e 200ms, que foram superiores nos corredores mais jovens. A arquitetura e a qualidade muscular foram superiores no grupo de corredores adultos.

4.4.1 Rotina de treinamento, competições e desempenho esportivo

Declínios relacionados à idade no desempenho de resistência na corrida foram relatados em estudos realizados previamente. Em corredores de alto nível o declínio do desempenho relacionado à idade é bastante discreto e curvilíneo a partir dos 35 anos de idade até aproximadamente os 50 anos, com um declínio exponencial após os 60-70 anos (RANSDELL; VENER; HUBERTY, 2009b; REABURN; DASCOMBE, 2009; TANAKA; SEALS, 2008). Esse padrão parece ser similar entre corredores de elite e não elite (BAKER, 2003; JOYNER, 1993).

Alguns autores sugerem que o declínio do desempenho relacionado à idade se deve principalmente à redução do volume e intensidade da carga de treinamento, como resultado de vários fatores, como aumento da carga de trabalho, compromissos familiares/sociais e redução da motivação para os treinamentos (REABURN; DASCOMBE, 2008; STARKES; YOUNG, 2007). De um modo geral o atleta master dispense menos tempo com os treinamentos do que jovens atletas (BIEUZEN et al., 2010).

Interessantemente, no presente estudo não foi observada diferença significativa de desempenho em nenhuma das provas analisadas. Foi evidenciado que os atletas idosos tiveram tempo médios ligeiramente melhores nas provas de 5, 21 e 42km, mesmo sendo 10.5 anos mais velhos. Adicionalmente, o nível esportivo dos corredores idosos foi mais alto do que o dos adultos, em todas as distâncias analisadas.

Isso pode ser explicado pelo fato de que os corredores mais velhos apresentaram volumes da carga de treinamento similares aos dos mais jovens, corroborando com estudos anteriores que sugerem que atletas masters que mantêm altos volumes e intensidades da carga de treinamento são capazes de atenuar significativamente a redução do desempenho com o avanço da idade (BIEUZEN et al., 2010; HAWKINS; WISWELL; MARCELL, 2003; RANSDELL; VENER; HUBERTY, 2009b; TANAKA; SEALS, 2008; WISWELL et al., 2001).

Nesse mesmo contexto, Gent et al., (2013) elucidaram um pouco mais essa questão, avaliando a capacidade aeróbia e anaeróbia de ciclistas e triatletas com idades entre 35-64 anos, por meio de cicloergômetro. Não foi identificada diferença significativa na capacidade aeróbia entre os grupos etários ($-1.8 \pm 1.5\%$ por década), mas na capacidade anaeróbia houve redução significativa ($-8.0 \pm 3.3\%$ por década).

Mais recentemente, Melo *et al.* (2017) encontraram associação alta entre o desempenho nas provas de 5 km e 21km com o desempenho nas provas mais longas, sendo que essas variáveis foram os melhores preditores de desempenho da maratona, o que corrobora com os achados do presente estudo, onde os atletas do GCI apresentaram desempenhos superiores nas provas de 5km, 21km e 42km.

Adicionalmente, os melhores desempenhos e nível esportivo dos corredores idosos também podem ser atribuídos ao fato de que a maioria (81%) dos atletas realiza treinamento complementar de força, enquanto que entre os corredores adultos apenas 56%. Isso corrobora com os achados de estudos prévios que demonstraram que corredores de longa distância melhoram o desempenho em decorrência de programas de treinamento de força (BEATTIE, 2017; LOUIS *et al.*, 2012; TAIPALE *et al.*, 2010).

Os resultados do presente estudo demonstraram que o GCI apresentou desempenho esportivo superior ao GCA, sugerindo que os volumes da carga de treinamento utilizados aliado ao treinamento de força possam ter influenciado nesses resultados. Dessa forma, a hipótese de que o GCI apresentaria desempenho esportivo similar ao GCA foi refutada. Esses achados destacam a importância da especificidade do treinamento em idades mais avançadas para atletas de resistência para a manutenção do desempenho esportivo.

4.4.2 Arquitetura muscular

A área de secção transversa, o ângulo de penação e a espessura muscular foram significativamente maiores nos corredores adultos em comparação com os idosos, as diferenças foram em torno de 16%, 13% e 18%, respectivamente.

Sabe-se que durante o processo de envelhecimento ocorrem diversas alterações na arquitetura muscular (KUBO *et al.*, 2003; NARICI *et al.*, 2003). Em estudos longitudinais realizado com idosos saudáveis, foi evidenciado que a área de secção transversa reduz significativamente, sugerindo que essa redução seja o principal contribuinte para a redução da força muscular com o avanço da idade (FRONTERA *et al.*, 2000b; HUGHES *et al.*, 2001).

Estudos transversais também foram conduzidos para esclarecer melhor o assunto. Trappe *et al.* (2001) avaliaram a área de secção transversa dos músculos do quadríceps femoral (reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio)

de 10 jovens sedentários (24 ± 2 anos) e 10 idosos sedentários 79 ± 7 anos, por meio de imagem de ressonância magnética. Os resultados desse estudo permitiram concluir que a área de secção transversa do vasto lateral foi superior nos jovens ($22 \pm 1.3 \text{ cm}^2$) quando comparado aos idosos ($17.2 \pm 1.4 \text{ cm}^2$). No presente estudo os corredores adultos apresentaram valores médios ligeiramente superiores ($23 \pm 5.3 \text{ cm}^2$) aos encontrados por Trappe para jovens sedentários. Enquanto que os corredores idosos apresentaram valores médios superiores aos idosos sedentários do estudo citado ($19.4 \pm 4.9 \text{ cm}^2$), muito embora, no presente estudo a idade média dos participantes tenha sido de aproximadamente 14 anos menor.

Em outro estudo transversal, que utilizou a técnica de imagem de ressonância magnética, Narici et al., (2003) avaliaram e compararam a arquitetura muscular do gastrocnêmio (área de secção transversa, ângulo de penação e comprimento do fascículo) de 14 jovens (27 a 42 anos de idade) e idosos (70 a 81 anos) fisicamente ativos. Da mesma forma que os estudos envolvendo os músculos do quadríceps, os achados permitiram concluir que a arquitetura muscular do gastrocnêmio também se altera com o avanço da idade.

Em estudo mais recente e mais próximo com os objetivos do presente estudo, Mikkelsen et al. (2013) selecionaram e avaliaram a área de secção transversa do quadríceps femoral de corredores masters fundistas (64 ± 4 anos, 28 ± 2 anos de prática, 49 ± 3 km de volume semanal, 4-6 sessões de treinamento/semana), idosos sedentários saudáveis (66 ± 4 anos), corredores jovens ($26 \pm$ anos, 6 ± 1 anos, 43 ± 5 km de volume semanal, 4-6 sessões de treinamento/semana) e jovens saudáveis (24 ± 3 anos). Foi verificado que a área de secção transversa do quadríceps é maior nos jovens do que nos idosos, e maior nos idosos treinados do que nos destreinados.

Interessantemente, os resultados do presente estudo apontaram que mesmo entre corredores com características similares da carga de treinamento e desempenho esportivo, os corredores adultos apresentaram área de secção transversa superior à apresentada pelos corredores idosos .

Knechtle et al. (2012) conduziram um estudo para investigar associações entre a massa muscular, percentual de gordura corporal e características da carga de treinamento com o desempenho esportivo de corredores masters em diferentes provas de fundo (meia maratona, maratona e ultramaratona). Os achados do estudo indicaram que a massa muscular esquelética não foi relacionada aos tempos de

meia-maratona e de maratona, mas aos tempos de corrida da ultramaratona. Portanto, a massa muscular esquelética pareceu não afetar o desempenho esportivo dos atletas, independentemente da distância da prova, o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo, visto que os atletas idosos obtiveram melhores resultados esportivos mesmo apresentando valores de área de secção transversa significativamente menores do que os atletas adultos.

Com relação ao ângulo de penação e espessura muscular, o presente estudo mostrou que os corredores adultos apresentaram maiores valores do que os corredores idosos, o que é corroborado por estudos realizados previamente que identificaram redução dessas variáveis da arquitetura muscular com o avanço da idade (KUBO et al., 2003; NARICI et al., 2003). No estudo de Kubo et al., (2003), foi investigada a arquitetura muscular em jovens sedentários (n=67, 20-39 anos) e idosos sedentários (n=54, 60-85 anos). Contudo, com a ausência de atividade física torna difícil qualquer interpretação no sentido de determinar com clareza se as diferenças ocorreram por conta do envelhecimento *per se* ou se devem a combinação dos efeitos do envelhecimento e do desuso. No estudo de Narici et al. (2003) houve essa preocupação com o nível de atividade física dos participantes. Foram recrutados jovens fisicamente ativos (n=14, 27-42 anos) e idosos fisicamente ativos (n=16, 70-81 anos), com nível de atividade física similar, que praticavam atividades físicas como caminhada, dança ou ciclismo como meio de transporte, mas que nunca participaram de competições esportivas. Mesmo equiparando o nível de atividade dos participantes, houve diferença na arquitetura muscular entre os grupos.

Contudo, trabalhos que envolvem o envelhecimento em atletas masters são escassos. Foram encontradas na literatura apenas três publicações que tiveram os objetivos parecidos com os do presente estudo (KARAMANIDIS; ARAMPATZIS, 2005; KORHONEN et al., 2006; SIPILA et al., 1991).

Sipila et al. (1991) investigaram a espessura muscular de atletas máster de modalidades esportivas de força/potência, de resistência (70-80 anos) e adultos destreinados. Os resultados indicaram que os atletas máster de força/potência (2.73 ± 0.37 cm), resistência (2.77 ± 0.39 cm), apresentaram valores médios similares aos adultos destreinados (2.8 ± 0.56 cm), sugerindo que o treinamento realizado ao longo de muitos anos possa manter características da arquitetura muscular, independentemente da modalidade esportiva.

No presente estudo os corredores adultos apresentaram valores médios estatisticamente superiores aos corredores idosos (GCA: 2.79 ± 0.59 cm e GCI: 2.3 ± 0.75 cm). Se levarmos em consideração o fato de que os corredores do presente estudo apresentaram características similares das rotinas de treinamento e desempenho esportivo nas distâncias analisadas, parece que essas diferenças sejam devidas provavelmente ao envelhecimento primário. No entanto, é importante salientar que a diferença é de apenas 0.49 cm, o que com base nos resultados esportivos sugere não representar muita relevância para a função neuromuscular.

Karamanidis e Arampatzis (2005) tiveram como objetivo analisar se o treinamento de resistência ao longo da vida poderia contribuir para contrabalancear as alterações da arquitetura muscular do vasto lateral e do gastrocnêmio relacionadas ao envelhecimento. Participaram do estudo quatro grupos: corredores com idade superior a 60 anos, idosos sedentários, corredores jovens e jovens sedentários, sendo que todos os corredores tinham experiência prática em corridas de fundo de no mínimo 10 anos. Apenas o ângulo de penação do gastrocnêmio foi superior nos corredores em relação aos sedentários, todas as outras variáveis foram semelhantes entre os grupos.

Em outro estudo, foi avaliada a arquitetura muscular do vasto lateral de corredores velocistas com idade entre 17 e 88 anos (KORHONEN et al., 2006). Foi observado que o ângulo de penação e a espessura do músculo foram menores nos corredores mais velhos, sendo que entre os grupos etários correspondentes aos do presente estudo (50-59 e 60-69 anos) não houve diferença. Os valores médios apresentados pelo grupo 50-59 foram de $16.0 \pm 4.8^\circ$ e 2.08 ± 0.11 cm, enquanto que os valores do grupo 60-69 foram de $15.3 \pm 3.2^\circ$ e 2.10 ± 0.09 cm, para o ângulo de penação e espessura do músculo, respectivamente. No presente estudo os valores ângulo de penação foram de $18.7 \pm 3.7^\circ$ e $16.3 \pm 2.8^\circ$ para os corredores adultos e idosos, respectivamente. Para a espessura do músculo os valores médios dos atletas adultos e idosos foram de 2.7 ± 0.6 e 2.3 ± 0.7 cm, respectivamente. Como o estudo de Korhonen et al. (2009) foi realizado com velocistas, a comparação entre os estudos fica comprometida, pois diferentes adaptações funcionais podem ocorrer em decorrência da especialização do treinamento.

A fim de investigar adaptações específicas na arquitetura muscular, foi realizado um estudo comparando a arquitetura muscular entre jovens atletas fundistas (n= 24, 22.4 ± 2.3 anos), jovens velocistas (n= 23, 21.0 ± 2.3 anos) e jovens

destreinados (n=24). Foi constatado que ângulo de penação foi superior nos fundistas ($23.7\pm 2.1^\circ$) em relação aos velocistas ($18.5\pm 3.1^\circ$), já o comprimento do fascículo foi superior nos velocistas (8.83 ± 1.55 cm) em relação aos fundistas (6.15 ± 0.61 cm). O autor sugere que essas diferenças possam estar relacionadas às especificidades da tarefa (ABE; KUMAGAI; BRECHUE, 2000).

Dessa forma, a hipótese de que os corredores idosos apresentariam arquitetura muscular similar a dos corredores adultos foi refutada, pois, apenas o comprimento do fascículo foi similar entre os grupos.

4.4.3 Qualidade muscular

A média e mediana da intensidade do eco foram significativamente maiores nos corredores idosos se comparado aos adultos o que indica alterações na qualidade muscular, incluindo aumentos de elementos intramusculares não contráteis, como tecido adiposo e fibroso (FRAGALA; KENNY; KUCHEL, 2015; FUKUMOTO; IKEZOE; YAMADA, 2012; HARRIS-LOVE et al., 2014; WATANABE et al., 2013).

De acordo com estudos realizados previamente, sabe-se que durante o processo de envelhecimento, além da redução da massa muscular também ocorre aumento da infiltração de gordura intramuscular (ARTS et al., 2010; GOODPASTER; THAETE; KELLEY, 2000; PILLEN et al., 2009; SIPILA; SUOMINEN, 1991). Evidências sugerem que a infiltração de gordura intramuscular pode ser causada pela maior expressão da proteína relacionada à diferenciação do conteúdo de adipócitos na musculatura esquelética de indivíduos mais velhos (CONTE et al., 2013).

De fato, alguns estudos já haviam identificado que especificamente a partir do 50 anos de idade o conteúdo de gordura intramuscular é aumentado, sendo que por volta dos 60 anos de idade esse acúmulo se torna ainda mais acentuado (ARTS et al., 2010; WATANABE et al., 2013). Dessa forma, o aumento de elementos não contráteis pode mascarar a redução da massa muscular esquelética, representando um importante mecanismo relacionado à dislipemia (SIPILA; SUOMINEN, 1993).

Adicionalmente, o aumento da intensidade do eco (redução da qualidade muscular) durante o processo envelhecimento pode resultar em uma redução da

força específica (produção de força por unidade de músculo) e conseqüentemente do desempenho em idosos (AKIMA et al., 2017; WILHELM; RECH, 2014).

Nesse contexto, alguns estudos identificaram que a intensidade do eco se correlaciona negativamente com a força muscular, aptidão cardiorrespiratória e funcionalidade (CADORE et al. 2012; FUKUMOTO; IKEZOE; YAMADA, 2012; RECH et al. 2014).

Entretanto, poucos estudos investigaram a qualidade muscular em indivíduos altamente treinados, como é o caso dos participantes do presente estudo. Além disso, nos estudos encontrados a intensidade do eco foi analisada em regiões pequenas. Apenas um estudo analisou a intensidade do eco da área de secção transversa no atleta master (SIPILA; SUOMINEN, 1991).

Em trabalho realizado por Nishihara et al. (2014), a intensidade do eco do reto femoral e do vasto intermédio de idosos ($n=19$, idade = 73.2 ± 3.2 anos) foi comparada a de jovens ($n=19$, idade = 20 ± 1.5 anos). Os resultados encontrados apontaram que a intensidade do eco foi maior nos idosos se comparado aos jovens devido a uma maior presença de elementos intramusculares não contráteis (tecido conectivo e gordura), corroborando com os resultados do presente estudo.

Sipila et al. (1991) comparou a intensidade do eco do quadríceps femoral entre atletas máster de esportes predominantemente de potência ($n=7$, idade de 77.1 ± 3.5 anos), de resistência ($n=14$, idade de 74.2 ± 3.0 anos) e idosos destreinados ($n=11$, idade de 73.4 ± 2.4 anos). Foi observado que os atletas apresentaram menores valores de intensidade do eco do que os idosos sedentários, independentemente da modalidade esportiva, sugerindo que o treinamento realizado ao longo de muitos anos possa atenuar as alterações da qualidade muscular relacionadas ao envelhecimento.

Interessantemente, no presente estudo mesmo os corredores idosos apresentando qualidade muscular inferior, o torque isométrico relativo e o específico foram similares entre os grupos, sugerindo que as diferenças na qualidade muscular entre os grupos não foram relevantes para impactar na produção de força. Em adição, levando em consideração que o desempenho esportivo dos corredores idosos nas provas analisadas foi superior, parece que a intensidade do eco aumentada também não impactou negativamente nos resultados esportivos. De fato, alguns estudos demonstraram que os atletas masters de resistência aeróbica são capazes de manter o desempenho esportivo apesar das mudanças estruturais na

musculatura esquelética classicamente esperadas com o envelhecimento (TANAKA; SEALS, 2008; TRAPPE et al., 2013). Inclusive em recente trabalho de metanálise foi identificado que a qualidade muscular (força por unidade de músculo) é mais importante do que a massa muscular per se (MCKENDRY et al., 2018).

Dessa forma, com base nos resultados do presente estudo parece que o estímulo gerado pela corrida parece ser insuficiente para preservar a qualidade muscular.

Portanto, a hipótese inicial de que os corredores idosos apresentariam qualidade muscular similar aos corredores adultos foi refutada.

4.4.4 Função neuromuscular

Praticamente todas as variáveis da função neuromuscular foram similares entre os grupos, com exceção do torque isométrico absoluto e da taxa de desenvolvimento de torque em 100 e 200ms, que apresentaram valores significativamente inferiores nos corredores idosos em comparação com os adultos. Esses achados são importantes à medida que trazem indícios de que o treinamento de corrida realizado ao longo de vários anos da vida pode causar adaptações importantes na função neuromuscular, podendo retardar alterações relacionadas ao envelhecimento.

O torque isométrico absoluto foi aproximadamente 18% superior nos corredores adultos em relação aos idosos. Geralmente, são observadas reduções de 15-35% na força isométrica do quadríceps após os 60 anos de idade na população em geral (BIEUZEN et al., 2010). Para adultos que não são treinados em resistência, esta redução é geralmente atribuída a uma atrofia das fibras musculares, alteração na proporção das fibras musculares, e uma redução no volume muscular e área de secção transversa (LEXELL, 1995; PORTER; VANDERVOORT; LEXELL, 1995). No entanto, com base nos resultados de Coggan et al.(1990), corroborados por Tarpenning et al. (2004), parece que as alterações da função neuromuscular do atleta máster podem ser explicadas por outros fatores. Eles sugeriram que o declínio do desempenho muscular pode ser resultado de fatores neurais como o recrutamento muscular e/ou a tensão específica.

No presente estudo, as variáveis neuromusculares foram bastante similares entre os grupos, o que sugere que os corredores idosos possam estar conseguindo manter o desempenho esportivo nas distâncias competitivas analisadas por conta dos excelentes níveis de torque relativo e específico apresentados. Corroborando os resultados apresentados em outros estudos que demonstraram que atletas máster treinados em resistência possuem função muscular mais próxima dos jovens do que de seus pares sedentários (AAGAARD, PER; MAGNUSSON, P.S.; LARSSON, BENNY; KJAER, MICHAEL; KRUSTRUP, 2007; SIPILA et al., 1991; ZAMPIERI et al., 2014).

Especificamente em relação à corrida, um estudo verificou que o torque isocinético dos extensores do joelho é similar entre corredores de 40 a 60 anos de idade, mas, reduzido nos de 70 anos mesmo comparando corredores com experiência em corridas e características do treinamento similares (TARPENNING et al., 2004).

O torque relativo dos corredores idosos (2.7 ± 0.7 N.m/kg) foi similar aos valores reportados por Aagard (2007) (2.88 ± 0.49 N.m/kg) para atletas de resistência. Nesse estudo a idade média dos atletas foi de 73.7 ± 2.7 anos, enquanto que a dos atletas idosos do presente estudo foi de 64.4 ± 3.5 anos. No estudo de Zampieri, os atletas máster foram provenientes de modalidades esportivas de força-velocidade, resistência e jogos esportivos e alocados no mesmo grupo, os resultados do torque isométrico relativo apresentados foram ligeiramente inferiores (2.2 ± 0.3 N.m/kg) aos dos corredores idosos do presente estudo, contudo, a idade média foi superior (70.2 ± 4.0 anos).

A respeito do nível de ativação voluntária durante o envelhecimento, os resultados são bastante controversos. Alguns estudos reportam uma redução, principalmente após os 70-75 anos de idade, na musculatura extensora do joelho (CLARK; TAYLOR, 2011; HARRIDGE, S; KRYGER, A; STENSGAARD, 1999; MAU-MOELLER et al., 2013).

No entanto, outros estudos apontam que não existe diferença no nível de ativação voluntária entre indivíduos mais novos e idosos, que é de aproximadamente 90% (HURLEY; REES; NEWHAM, 1998; ROOS et al., 1999), corroborando com os achados do presente estudo que não identificou diferenças significativas entre GCA

($94.3 \pm 3.6\%$) e GCI ($90.6 \pm 8.3\%$). Isso sugere que fatores neurais não podem ser o motivo para a redução do torque absoluto nos atletas do presente estudo.

Essas evidências são importantes à medida que pequenos déficits no nível de ativação voluntária podem representar grandes déficits na produção de força (KOOISTRA; RUITER; DE HAAN, 2007), além de estarem associados com o desenvolvimento de incapacidade e redução da funcionalidade (MANINI et al., 2007; PLOUTZ-SNYDER et al., 2002).

A capacidade de gerar força rapidamente pode ser avaliada pela taxa de desenvolvimento de torque (AAGAARD et al., 2010), que apresenta redução durante o processo de envelhecimento, tanto quando expressa em valores absolutos como quando normalizada pela massa corporal (IZQUIERDO et al., 1999; KLASS et al., 2008).

Em termos funcionais, a taxa de desenvolvimento de torque é um parâmetro muscular mecânico muito importante porque movimentos rápidos tipicamente envolvem contrações musculares dentro de 50 a 200 ms. Assim, uma taxa de desenvolvimento de torque elevada desempenha um papel importante para a capacidade de realizar movimentos rápidos e vigorosos, tanto em atletas altamente treinados e em idosos que precisam controlar perturbações inesperadas no equilíbrio postural (AAGAARD, 2003).

No presente estudo os corredores idosos apresentaram taxa de desenvolvimento de torque em 30 e 50 ms similar aos corredores mais jovens, enquanto que em 100 e 200 ms foi inferior. Em estudo realizado previamente já foi demonstrado que a taxa de desenvolvimento de torque dos extensores do joelho em intervalos de tempo de até 90 ms é mais dependente das propriedades contráteis do músculo enquanto que em intervalos de tempo superiores a 90 ms é mais dependente força máxima (ANDERSEN; AAGAARD, 2006). De fato, isso é corroborado pelos achados no presente estudo onde os corredores adultos apresentaram valores superiores de torque isométrico absoluto, enquanto que todas as variáveis relacionadas propriedades contráteis do músculo foram similares, o que pode explicar o fato de que os atletas mais novos apresentaram valores superiores apenas na taxa de desenvolvimento de torque em 100 e 200 ms.

Adicionalmente, pode-se especular que a maior intensidade do eco apresentada pelos corredores idosos pode ter influenciado na fase tardia da taxa de

desenvolvimento de torque (TDT100 e TDT200). Essa especulação pode ser sustentada por trabalhos realizados previamente que identificaram correlação negativa entre a intensidade do eco e a força máxima na musculatura extensora do joelho (CADORE et al., 2012; FUKUMOTO; IKEZOE; YAMADA, 2012; WILHELM; RECH, 2014).

Nessa perspectiva, uma alta taxa de desenvolvimento de torque parece ser funcionalmente mais relevante do que altos níveis de força máxima para alcançar alta aceleração inicial dos segmentos dos membros e do centro de massa corporal, pois, algumas tarefas locomotoras (situações de tropeço e queda) e ações motoras no esporte são caracterizadas por tempos de contração rápidos de 75-250 ms (AAGAARD, 2003).

Dessa forma, os resultados encontrados no presente estudo sugerem que o treinamento de corrida realizado ao longo de vários anos da vida pode, em certa medida, atenuar alguns aspectos da função neuromuscular relacionadas ao envelhecimento.

A hipótese inicial de que os corredores idosos apresentariam função neuromuscular semelhante a dos corredores adultos foi parcialmente confirmada, pois, praticamente todas as variáveis analisadas foram semelhantes entre os grupos, com exceção do torque isométrico absoluto e da taxa de desenvolvimento de torque em 100 e 200ms.

4.5 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo comparar o desempenho esportivo, função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular entre corredores idosos e corredores adultos.

Os resultados encontrados revelaram que os corredores idosos possuem desempenho esportivo e função neuromuscular preservada, apesar de possuírem arquitetura e qualidade muscular inferiores aos corredores adultos. Parece que as semelhanças encontradas entre os grupos são dependentes da magnitude da carga de treinamento.

Esses achados são importantes à medida que indicam que o treinamento crônico de corrida de resistência pode ser um estímulo suficiente para retardar as alterações da função neuromuscular relacionadas ao envelhecimento.

Algumas limitações são observadas no presente estudo. Primeiramente, devido à natureza transversal do mesmo, os achados podem ter sido afetados por fatores genéticos, o que limita as conclusões que podem ser feitas sobre as adaptações neuromusculares, arquitetura e qualidade muscular no atleta idoso. Além disso, os recordes pessoais e os volumes da carga de treinamento auto reportados limitam o estabelecimento de reprodutibilidade e precisão para essas variáveis.

Sugere-se para futuros estudos testar a reprodutibilidade dos volumes de treinamento autorreportados com o uso de sistema de posicionamento global.

Além disso, estudos que analisem variáveis metabólicas/cardiorespiratórias e neuromusculares em conjunto são importantes a fim de quantificar o papel de influência de cada uma delas no desempenho esportivo.

CAPÍTULO V

**SÍNTESE, CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PERSPECTIVA DE FUTUROS
ESTUDOS**

5. Síntese, conclusões, limitações e perspectiva de futuros estudos

O objetivo geral do presente estudo foi determinar efeitos do treinamento físico crônico predominantemente de resistência aeróbia sobre a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular de corredores fundistas masters.

Para responder o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estipulados:

- Comparar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular entre corredores fundistas masters, adultos fisicamente ativos e jovens fisicamente ativos.
- Comparar a função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular entre corredores fundistas de meia idade e idosos.

Dessa forma, para responder os objetivos do estudo foram estruturadas duas análises que permitiram as seguintes conclusões:

A área de secção transversa foi similar entre os corredores masters e os jovens fisicamente ativos, sugerindo que isso possa estar relacionado ao treinamento físico crônico predominantemente de resistência aeróbia. O ângulo de penação foi maior nos corredores masters se comparado aos adultos fisicamente ativos, o que pode indicar que isso possa ter influência das contrações excêntricas presentes na corrida.

Tanto os corredores masters como os adultos fisicamente ativos apresentaram qualidade muscular inferior ao dos jovens fisicamente ativos, indicando que o exercício físico não impede a infiltração de elementos intramusculares não contráteis, mas tem um importante papel no sentido de retardar essas alterações relacionadas ao envelhecimento.

A respeito da função neuromuscular, apesar de ela ter se apresentado superior nos jovens, indicando efeito do envelhecimento, os resultados do presente estudo sugerem que o treinamento crônico de resistência aeróbia contribui para a sua manutenção, podendo atrasar as alterações associadas ao envelhecimento dos extensores do joelho.

Os achados do presente estudo contemplam resultados que podem servir como fonte de informação comparativa com outros dados já existentes na literatura podendo contribuir para um melhor entendimento do papel do exercício físico e do treinamento de corrida predominantemente de resistência aeróbica nas alterações da função neuromuscular, arquitetura e qualidade muscular relacionadas ao envelhecimento primário.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, PER; MAGNUSSON, P.S.; LARSSON, BENNY; KJAER, MICHAEL; KRUSTRUP, P. Mechanical Muscle Function, Morphology, and Fiber Type in Lifelong Trained Elderly. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 39, n. 11, p. 1989–1996, 2007.
- AAGAARD, P. et al. A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. **Journal of Physiology**, v. 534, n. 2, p. 613–623, 2001.
- AAGAARD, P. Training-Induced Changes in Neural Function. **Exerc. Sport Sci. Rev.**, v. 31, n. 2, p. 61–67, 2003.
- AAGAARD, P. et al. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, p. 49–64, 2010.
- AAGAARD PER, PETER S. MAGNUSSON, BENNY LARSSON, MICHAEL KJÆR, AND P. K. Mechanical Muscle Function, Morphology, and Fiber Type in Lifelong Trained Elderly. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 39, n. 11, p. 1989–1996, 2007.
- ABE, T.; KUMAGAI, K.; BRECHUE, W. F. Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 32, n. 6, p. 1125–9, 2000.
- ACSM. Exercise and Physical Activity for Older Adults. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 27, n. 11, p. 115–142, 1999.
- ADDISON, O. et al. Intermuscular fat: A review of the consequences and causes. **International Journal of Endocrinology**, v. 2014, p. 1–11, 2014.
- AKIMA, H. et al. Relationship between quadriceps echo intensity and functional and morphological characteristics in older man and women. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 70, n. January, p. 105–111, 2017.
- AKKARI, SAMANDA; MACHIN, DANIEL; TANAKA, H. Greater progression of athletic performance in older Masters athletes. **Age and Ageing**, v. 0, p. 1–4, 2015.
- ALEGRE, L. M. et al. Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. **Journal of Sports Sciences**, v. 24, n. 5, p. 501–508, 2006.
- ANDERSEN, L. L.; AAGAARD, P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. **European Journal of Applied Physiology**, v. 96, p. 46–52, 2006.
- ANDRIKOULA, S. et al. The extensor mechanism of the knee joint: an anatomical study. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, v. 14, p. 214–220, 2006.
- ANIANSSON, A.; GUSTAFSSON, E. Physical training in elderly men with special reference to quadriceps muscle strength and morphology. **Clinical Physiology**, v. 1, p. 87–98, 1981.

- ARNOLD, C. M.; GYURCSIK, N. C. BONE HEALTH Risk Factors for Falls in Older Adults with Lower Extremity Arthritis: A Conceptual Framework of Current Knowledge and Future Directions. **Physiotherapy Canada**, v. 64, n. 3, p. 302–314, 2012.
- ARTS, I. et al. NORMAL VALUES FOR QUANTITATIVE MUSCLE ULTRASONOGRAPHY IN ADULTS. **Muscle Nerve**, v. 41, p. 32–41, 2010.
- ATKINSON, G.; NEVILL, A. M. Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine. **Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 217–238, 1998.
- BAKERTANGTURNER2003.PDF. Percentage Decline in Masters Superathlete Track and Field Performance With Aging. **Experimental aging research**, v. 29, p. 47–65, 2003.
- BARONI, B. M. et al. Functional and Morphological Adaptations to Aging in Knee Extensor Muscles of Physically Active Men. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 29, p. 535–542, 2013.
- BEATTIE, K. The Effect of Strength Training on Performance Indicators in Distance Runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 1, p. 9–23, 2017.
- BENJAFIELD, A. J.; KILLINGBACK, A.; ROBERTSON, C. J. An Investigation into the Architecture of the Vastus Medialis Oblique Muscle in Athletic and Sedentary Individuals: An In Vivo Ultrasound Study. **Clinical Anatomy**, v. 28, p. 262–268, 2015.
- BERG, H. E.; TEDNER, B.; TESCH, P. A. Changes in lower limb muscle cross-sectional area and tissue fluid volume after transition from standing to supine. **Acta Physio Scan**, v. 148, p. 379–385, 1993.
- BERNARD, T. et al. Age-Related Decline in Olympic Triathlon Performance: Effect of Locomotion Mode. v. 4657, n. November 2015, 2010.
- BIEUZEN, F. et al. Age-Related Changes in Neuromuscular Function and Performance following a High-Intensity Intermittent Task in Endurance-Trained Men. **Gerontology**, v. 56, n. 1, p. 66–72, 2010.
- BINZONI, T. et al. Human gastrocnemius medialis Pennation Angle as a Function of Age: From Newborn to the Elderly. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 20, n. 5, p. 293–298, 2001.
- BLAIR, S. N. **Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st Century**. **Br. J. Sports Med**, 2009.
- BLAZEVOICH, A. J.; GILL, N. D.; ZHOU, S. Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. **Journal Anatomy**, v. 209, p. 289–310, 2006.
- BOOTH, F. W. et al. invited review. **J Appl Physiol**, v. 93, p. 3–30, 2002.
- BRISWALTER, J.; NOSAKA, K. Neuromuscular factors associated with decline in long-distance running performance in master athletes. **Sports Medicine**, v. 43, n. 1, p. 51–63, 2013a.
- BRISWALTER, J.; NOSAKA, K. Neuromuscular Factors Associated with Decline in Long-Distance Running Performance in Master Athletes. **Sports Medicine**, v. 43, n. 1, p. 51–63, 2013b.

- BROSKEY, N. T. et al. Skeletal Muscle Mitochondria in the Elderly: Effects of Physical Fitness and Exercise Training. **Endocrine Research**, v. 99, n. 5, p. 1852–1861, 2014.
- CADORE, E. et al. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. **Experimental Gerontology**, p. 1–6, 2012.
- CALDER, K. M.; GABRIEL, D. A. Adaptations during familiarization to resistive exercise. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 17, p. 328–335, 2007.
- CANDOW, D. G.; CHILIBECK, P. D. Differences in size, strength, and power of upper and lower body muscle groups in young and older men. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**, v. 60, n. 2, p. 148–156, 2005.
- CAPPELLINI, G. et al. Motor Patterns in Human Walking and Running. **J Neurophysiol**, v. 95, p. 3426–3437, 2006.
- CARTEE, G. D. et al. Perspective Exercise Promotes Healthy Aging of Skeletal Muscle. **Cell Metabolism**, v. 23, p. 1034–1047, 2016.
- CASEROTTI, P. et al. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, p. 773–782, 2008.
- CASEROTTI, P.; AAGAARD, Æ. P.; PUGGAARD, Æ. L. Changes in power and force generation during coupled eccentric – concentric versus concentric muscle contraction with training and aging. **European Journal of Applied Physiology**, v. 103, p. 151–161, 2008.
- CHAMARI, K. et al. Anaerobic and aerobic peak power output and the force-velocity relationship in endurance-trained athletes: effects of aging. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 71, n. 2–3, p. 230–234, 1995.
- CHRISTIE, A.; KAMEN, G. Doublet Discharges in Motoneurons of Young and Older Adults. **J Neurophysiol**, v. 95, p. 2787–2795, 2006.
- CLARK, B. C.; MANINI, T. M. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v. 13, p. 271–276, 2010.
- CLARK, B. C.; TAYLOR, J. L. Age-Related Changes in Motor Cortical Properties and Voluntary Activation of Skeletal Muscle. **Current Aging Science**, v. 4, n. 3, p. 192–199, 2011.
- COGGAN, A. R. et al. Histochemical and enzymatic characteristics of skeletal muscle in master athletes. **J Appl Physiol**, v. 68, p. 1896–1901, 1990.
- CONCANNON, L. G.; GRIERSON, M. J.; HARRAST, M. A. Exercise in the older adult: From the sedentary elderly to the masters athlete. **PM and R**, 2012.
- CONNELLY, D. M. et al. Motor unit firing rates and contractile properties in tibialis anterior of young and old men. **J Appl Physiol**, v. 87, p. 843–852, 1999.
- CONTE, M. et al. Increased Plin2 Expression in Human Skeletal Muscle Is Associated with Sarcopenia and Muscle Weakness. **PLoS One**, v. 8, n. 8, p. e73709, 2013.

COOPER, MICHAEL A.; HERDA, TRENT T.; WALTER-WERDA, ASHLEY A.; COSTA, PABLO B.; RYAN, ERIC D.; CRAMER, J. T. The reliability of the interpolated twitch technique during submaximal and maximal isometric muscle actions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 10, p. 2909–2913, 2013.

CURCIO, F; FERRO, G; BASILE, C; LIGUORI, I; PARRELLA, P; PIROZZI, F. NU SC. **EXG**, v. 9, n. 7, p. 531–565, 2016.

DEGENS, H. Determinants of Skeletal Muscle Hypertrophy and the Attenuated Hypertrophic Response at Old Age. **Journal of Sports Medicine & Doping Studies**, v. s1, n. 01, p. S1:003, 2012.

DEL VECCHIO, L. The Effects of resistance Training on Sprint and Endurance Performance in Masters Athletes: A Narrative Review THE EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING ON SPRINT AND ENDURANCE PERFORMANCE IN MASTERS ATHLETES : A. n. April, 2016.

DELMONICO, M. J. et al. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, n. 6, p. 1579–1585, 2009.

DONATO, A. J. et al. Declines in physiological functional capacity with age: a longitudinal study in peak swimming performance. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 94, n. 2, p. 764–769, 2003.

DOTAN, R.; MITCHELL, C. J. Explosive sport training and torque kinetics in children. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 38, p. 740–745, 2013.

DREY, M.; MCPHEE, J. Relation between muscle mass , motor units and type of training in master athletes Relation between muscle mass , motor units and type of. n. November 2015, 2014.

ERELINE, J.; GAPEYEVA, H.; PÄÄSUKE, M. Comparison of twitch contractile properties of plantarflexor muscles in Nordic combined athletes , cross-country skiers , and sedentary men. **European Journal of Sport Science**, v. 11, n. 1, p. 61–67, 2011.

FARINATTI, P. D. T.; VERAS. Teorias biológicas do envelhecimento : do genético ao estocástico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 4, p. 129–138, 2002.

FAULKNER, J. A. et al. The aging of elite male athletes: age-related changes in performance and skeletal muscle structure and function. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, 2008.

FAULKNER, J. A et al. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. **Clinical and experimental pharmacology & physiology**, v. 34, n. 11, p. 1091–1096, 2007.

FRAGALA, M. S.; KENNY, A. M.; KUCHEL, G. A. Muscle Quality in Aging : a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. **Sports Medicine**, v. 45, n. 5, p. 641–58, 2015.

FRONTERA, W. R. et al. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. **J Appl Physiol**, v. 64, p. 1038–1044, 1988.

- FRONTERA, W. R. et al. Skeletal muscle fiber quality in older men and women. p. 611–618, 2000a.
- FRONTERA, W. R. et al. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. **Journal of applied physiology**, v. 88, p. 1321–1326, 2000b.
- FUKUMOTO, Y. et al. Associations of physical activity with age-related changes in muscle echo intensity in older adults: 4-year longitudinal study. **J Appl Physiol (1985)**, v. 125, n. 5, p. 1468–1474, 2018.
- FUKUMOTO, Y.; IKEZOE, T.; YAMADA, Y. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, p. 1519–1525, 2012.
- FUKUNAGA, T. et al. MUSCLE ARCHITECTURE AND FUNCTION IN HUMANS. **J. Biomechanics**, v. 30, n. 5, p. 457–463, 1997.
- FUKUNAGA, T. et al. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. **Acta Physio Scan**, v. 172, p. 249–255, 2001.
- GANDEVIA, S. C. et al. Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 4, p. 1726–1771, 2001.
- GARATACHEA, N. Exercise Attenuates the Major Hallmarks of Exercise Attenuates the Major Hallmarks of Aging. **Rejuvenation Research**, v. 18, n. 1, p. 57–89, 2014a.
- GARATACHEA, N. Elite Athletes Live Longer Than the General. **MAYO CLINIC PROCEEDINGS**, v. 89, n. 9, p. 1195–1200, 2014b.
- GARRIDO, N. et al. RELATIONSHIPS BETWEEN DRY LAND STRENGTH, POWER VARIABLES AND SHORT SPRINT PERFORMANCE IN YOUNG COMPETITIVE SWIMMERS. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 5, n. 2, p. 240–249, 2010.
- GENT, D. N. et al. Aging has greater impact on anaerobic versus aerobic power in trained masters athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 1, p. 37–41, 2013.
- GLATT, S. J. et al. Successful Aging: From Phenotype to Genotype. **BIOL PSYCHIATRY**, n. 62, p. 282–293, 2007.
- GOMES, P. S. C. et al. Confiabilidade da Medida de Espessuras Musculares Pela Ultrassonografia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 1, p. 41–45, 2010.
- GOODPASTER, B. H. et al. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. **Journal of applied physiology**, v. 90, p. 2157–2165, 2001.
- GOODPASTER, B. H. H.; THAETE, F. L. L.; KELLEY, D. E. E. Thigh adipose tissue distribution is associated with insulin resistance in obesity and in type 2 diabetes mellitus. **Am J Clin Nutr**, v. 71, n. 4, p. 885–892, 2000.
- GUILHEM, G. et al. Neuromuscular Adaptations to Isoload versus Isokinetic Eccentric Resistance Training. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 45, p. 326–335, 2013.
- HAKKINEN, K; PAKARINEN, A; KRAEMER, W.J.; VALKEINEN, H; ALLEN, M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. **Journal of applied physiology**, v. 91, p. 569–580, 2001.

- HAMNER, S. R.; SETH, A.; DELP, S. L. Muscle contributions to propulsion and support during running. **Journal of Biomchanics**, v. 43, n. 14, p. 2709–2716, 2010.
- HARRIDGE, S.; KRYGER, A.; STENSGAARD, A. KNEE EXTENSOR STRENGTH , ACTIVATION , AND SIZE IN VERY ELDERLY PEOPLE FOLLOWING STRENGTH TRAINING. **Muscle Nerve**, v. 22, p. 831–839, 1999.
- HARRIDGE, S.; LAZARUS, N. Physical Activity , Aging , and Physiological Function. **Physiology**, v. 32, p. 152–161, 2017.
- HARRIDGE, S.; MAGNUSSON, G.; SALTIN, B. Life-long endurance-trained elderly men have high aerobic power , but have similar muscle strength to non-active elderly men. **Aging Clinical an Experimental Research**, v. 9, n. 1, p. 80–87, 1997.
- HARRIS-LOVE, M. O. et al. Quantitative ultrasound : measurement considerations for the assessment of muscular dystrophy and sarcopenia. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 6, p. 1–4, 2014.
- HAWKINS, S. A.; WISWELL, R. A.; MARCELL, T. J. Exercise and the master athlete- -a model of successful aging? **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**, v. 58A, n. 11, p. 1009–1011, 2003.
- HAYES, L. D.; GRACE, F. M.; SCULTHORPE, N. Research in Sports Medicine : An Does Chronic Exercise Attenuate Age- Related Physiological Decline in Males ? **Research in Sports Medicine: An Internacional Journal**, v. 21, n. 4, p. 343–54, 2013.
- HEO, J. et al. Promoting Successful Aging Through Competitive Sports Participation: Insights From Older Adults. **Qualitative Health Research**, v. 23, n. 1, p. 105–113, 2012.
- HOPKINS, W. G. Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. **Sports Medicine**, v. 30, n. 1, p. 1–15, 2000.
- HUGHES, V. A. et al. Longitudinal Muscle Strength Changes in Older Adults : Influence of Muscle Mass , Physical Activity , and Health. **Journal of Gerontology: Biological Science**, v. 56, n. 5, p. 209–217, 2001.
- HUNG, W. W. et al. Recent trends in chronic disease , impairment and disability among older adults in the United States. **BMC Geriatrics**, v. 11, p. 1–12, 2011.
- HURLEY, M. V; REES, J.; NEWHAM, D. J. Quadriceps function , proprioceptive acuity and functional performance in healthy young , middle-aged and elderly subjects. **Age and Ageing**, v. 27, p. 55–62, 1998.
- IKEZOE, T.; MORI, N.; NAKAMURA, M. Atrophy of the lower limbs in elderly women : is it related to walking ability ? **European Journal of Applied Physiology**, 2010.
- INFANTOLINO, B. W. et al. The Validity of Ultrasound Estimation of Muscle Volumes. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 23, p. 213–217, 2007.
- IZQUIERDO, M. et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. **Acta Physio Scan**, v. 167, p. 57–68, 1999.
- JOYNER, M. J. Physiological Limiting Factors and Distance Running: Influence of Gender and Age on Record Performances. **In Exercise and Sport Science Reviews**, v. 21, p. 103–133, 1993.

KANNAS, T.; KELLIS, E.; ARAMPATZI, F. Medial Gastrocnemius Architectural Properties During Isometric Contractions in Boys and Men. **Pediatric Exercise Science**, v. 22, p. 152–164, 2010.

KARAMANIDIS, K.; ARAMPATZIS, A. Mechanical and morphological properties of different muscle – tendon units in the lower extremity and running mechanics : effect of aging and physical activity. **The journal of Experimental Biology**, v. 208, p. 3907–3923, 2005.

KARAMANIDIS, K.; ARAMPATZIS, A. Mechanical and morphological properties of human quadriceps femoris and triceps surae muscle – tendon unit in relation to aging and running. **Journal of Biomechanics**, v. 39, p. 406–417, 2006.

KATZEL, L. I.; SORKIN, J. D.; FLEG, J. L. Older Endurance Athletes and Sedentary Men. p. 1657–1664, 2001.

KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. New Insights into In Vivo Human Skeletal. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 34, n. 1, p. 16–21, 2006.

KLASS, M. et al. Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. **J Appl Physiol**, v. 104, p. 739–746, 2008.

KLITGAARD, H. MANTONI, M. SCHIAFFINO, S. AUSONI, S. GORZA, L. LAURENT-WINTER, C. Function , morphology and protein expression of ageing skeletal muscle : a cross-sectional study of elderly men w i t h different training backgrounds. **Acta Physio Scan**, v. 140, p. 41–54, 1990.

KNECHTLE, B.; KNECHTLE, P.; ROSEMAN, T. Does Muscle Mass Affect Running Times in Male Long-distance Master Runners? 2012.

KOOISTRA, R. .; RUITER, C. J.; DE HAAN, A. Conventionally assessed voluntary activation does not represent relative voluntary torque production. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, p. 309–320, 2007.

KORHONEN, M; M, ALEN; S, SIPILA; M, H. Biomechanical and Skeletal Muscle Determinants of Maximum Running Speed with Aging. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 4, p. 844–856, 2009.

KORHONEN, M. T. et al. Aging , muscle fiber type , and contractile function in sprint-trained athletes. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 101, p. 906–917, 2006.

KUBO, K. et al. Muscle Architectural Characteristics in Young and Elderly Men and Women. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 24, p. 125–130, 2003.

KUSY, KRZYSZTOF; ZIELINSKI, J. Ageing, aerobic capacity and insulin sensitivity in masters athletes: endurance and speed-power training benefits. **Trends in Sport Sciences**, v. 2, n. 21, p. 73–84, 2014.

KUSY, K. Ageing, aerobic capacity and insulin sensitivity in masters athletes: endurance and speed-power training benefits. **Trends in Sport Sciences**, v. 2, n. 21, p. 73–84, 2014.

KUSY, K.; ZIELIN, J. Sprinters versus Long-distance Runners : How to Grow Old Healthy. p. 57–64, 2015.

- LANZA, I. R.; TOWSE, T.F.; CALDWELL, G.E.; WIGMORE, D.M.; KENT-BRAUN, J. A. Effects of age on human muscle torque , velocity , and power in two muscle groups and power in two muscle groups. **Journal of applied physiology**, v. 95, p. 2361–2369, 2003.
- LAZARUS, N. R. Inherent ageing in humans: the case for studying master athletes. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 17, p. 461–463, 2007.
- LEE, D. et al. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. **Progress in Cardiovascular Disease**, v. 60, p. 45–55, 2017.
- LEMEZ, S.; BAKER, J. Do Elite Athletes Live Longer? A Systematic Review of Mortality and Longevity in Elite Athletes. **Sports Medicine - Open**, p. 1–14, 2015.
- LEXELL, J. Human Aging, Muscle Mass, and Fiber Type Composition. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 50, p. 11–16, 1995.
- LEYK, D. et al. Age Good News for Our Sedentary and Aging Physical Performance in Middle Age and Old Age. **Deutsches Ärzteblatt International** , v. 107, n. 46, p. 809–816, 2010.
- LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J. Clinical Significance of. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, n. 383, p. 140–151, 2001.
- LIMA, K. M. M.; OLIVEIRA, L. F. DE. Confiabilidade das medidas de arquitetura do músculo Vasto Lateral pela ultrassonografia. **Motriz**, v. 19, n. 1, p. 217–223, 2013.
- LINDLE, R. S. et al. Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20 – 93 yr. **Journal of applied physiology**, v. 83, n. 5, p. 1581–1587, 1997.
- LIXANDRAO, M. E. et al. Vastus lateralis muscle cross-sectional area ultrasonography validity for image fitting in humans. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 11, p. 3293–3297, 2014.
- LOUIS, J. et al. Muscle strength and metabolism in master athletes To cite this version: HAL Id: hal-01713200. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 30, n. 10, p. 754–759, 2009.
- LOUIS, J. et al. Strength training improves cycling efficiency in master endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**, 2012.
- MACKEY, A. L. et al. Differential satellite cell density of type I and II fibres with lifelong endurance running in old men. **Acta Physiologica**, v. 210, p. 612–627, 2014.
- MAFFIULETTI, N. A. et al. A new paradigm of neuromuscular electrical stimulation for the quadriceps femoris muscle. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 6, p. 1197–205, 2014.
- MAGLISCHO, E. W. Part II: Training Fast Twitch Muscle Fibers: Why and How. **Journal of Swimming Research**, v. 19, p. 1–18, 2012.
- MANINI, T. M. et al. Knee Extension Strength Cutpoints for Maintaining Mobility. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 55, n. 3, p. 451–457, 2007.
- MARCELL, TAYLOR J; HAWKINS, STEVEN A.; WISWELL, R. A. Leg strength declines with advancing age despite habitual endurance exercise in active older adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 2, p. 504–513, 2014.

MAU-MOELLER, A. et al. Age-related changes in neuromuscular function of the quadriceps muscle in physically active adults. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 23, n. 3, p. 640–648, 2013.

MAXWELL, L.; FAULKNER, A.; HYATT, G. Estimation of number of fibers in guinea pig skeletal muscles. **Journal of applied physiology**, v. 37, n. 2, p. 259–264, 1974.

MCKENDRY, J. et al. Muscle morphology and performance in master athletes: A systematic review and meta-analyses. **Ageing Research Reviews**, v. 45, n. March, p. 62–82, 2018.

MCKENDRY, J. et al. Superior Aerobic Capacity and Indices of Skeletal Muscle Morphology in Chronically Trained Master Endurance Athletes Compared with Untrained Older Adults. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**, v. jun, n. 1, p. 1–36, 2019.

MERTON, B. Y. P. A.; HOSPITAL, T. N.; SQUARE, Q. Voluntary strength and fatigue. **Journal of Physiology**, v. 123, p. 553–564, 1954a.

MERTON, B. Y. P. A.; HOSPITAL, T. N.; SQUARE, Q. From the Medical Research Council, Neurological Research Unit, exerted is limited by the capacity of the nervous centres and conducting path- not. Again in fatigue it is undecided whether tension falls because the degree effort develops the same tension. **J Physiol**, v. 123, p. 553–564, 1954b.

MIYATANI, M. et al. The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 264–272, 2004.

MOHAGHEGHI, A. A.; CENTRE, A. In vivo gastrocnemius muscle fascicle length in children with and without diplegic cerebral palsy. **Developmental Medicine e Child Neurology**, v. 50, p. 44–50, 2008.

MOMBIELA, R. et al. Can echo intensity obtained from ultrasonography images reflect muscle strength in the frail elderly population? **European Society of Radiology**, v. B-0641 ECR, p. 1–19, 2016.

MORSE, C. I. et al. Reduced plantarflexor specific torque in the elderly is associated with a lower activation capacity. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 219–226, 2004.

NARICI, M. V. et al. Effect of aging on human muscle architecture. **Journal of applied physiology**, v. 95, n. July 2003, p. 2229–2234, 2003.

NARICI, M. V.; MAFFULLI, N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. **British Medical Bulletin**, v. 95, p. 139–159, 2010.

NATIONS, U. **World population prospects: the 2017 revision**. [s.l.: s.n.].

NELSON, R. M.; SODERBERG, G. L.; URBSCHKEIT, N. L. Comparison of skeletal muscle motor unit discharge characteristics in young and aged humans. **Arch. Gerontol. Geriatr.**, v. 2, p. 255–264, 1983.

NISHIHARA, K. et al. Frequency analysis of ultrasonic echo intensities of the skeletal muscle in elderly and young individuals. **Clinical Interventions in Aging**, v. 9, p. 1471–1478, 2014.

NOORKOIV M, K. N. BLAZEVIČ, A. J. Assessment of quadriceps muscle cross-sectional area by ultrasound extended-field-of-view imaging. **European Journal of**

Applied Physiology, v. 109, n. 4, p. 631–639, 2010.

PANCHANGAM, A. et al. Magnitude of Sarcomere Extension Correlates with Initial Sarcomere Length during Lengthening of Activated Single Fibers from Soleus Muscle of Rats. **Biophysical Journal**, v. 95, n. 4, p. 1890–1901, 2008.

PARDINI, R. et al. Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ - versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. p. 45–51, 2001.

PETRELLA, J. K. et al. Age differences in knee extension power, contractile velocity, and fatigability. **Journal of applied physiology**, v. 98, p. 211–220, 2005.

PILLEN, S. et al. SKELETAL MUSCLE ULTRASOUND: CORRELATION BETWEEN FIBROUS TISSUE AND ECHO INTENSITY. **Ultrasound in Medicine and Biology**, v. 35, n. 3, p. 443–446, 2009.

PILLEN, S. Skeletal muscle ultrasound. **European Journal Translacional Myology**, v. 1, n. 4, p. 145–155, 2010.

PLOUTZ-SNYDER, L. L. et al. Functionally Relevant Thresholds of Quadriceps Femoris Strength. **Journal of Gerontology: Biological Science**, v. 57A, n. 4, p. B144–B152, 2002.

POLLOCK, D. et al. Properties of the vastus lateralis muscle in relation to age and physiological function in master cyclists aged 55–79 years Properties of the vastus lateralis muscle in relation to age and physiological function in master cyclists aged 55 – 79 years. **Aging Cell**, v. 17, n. 2, 2018.

POLLOCK, R. D. et al. An investigation into the relationship between age and physiological function in highly active older adults. v. 3, p. 657–680, 2015.

PORTER, M. M.; VANDERVOORT, A. A.; LEXELL, J. Aging of human muscle: structure, function and adaptability. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 5, p. 129–142, 1995.

POWER, G. A. et al. Motor Unit Number Estimates in Masters Runners: Use It or Lose It? **Medicine and science in sports and exercise**, v. 42, n. 9, p. 1644–1650, 2010.

POWER, G. A. et al. Reduction in single muscle fiber rate of force development with aging is not attenuated in world class older masters athletes. **Am J Physiol Cell Physiol**, v. 310, p. C318–C327, 2016.

POWER, G. A.; DALTON, B. H.; RICE, C. L. ScienceDirect Human neuromuscular structure and function in old age: A brief review. **Journal of Sport and Health Science**, v. 2, n. 4, p. 215–226, 2013.

RANSDELL, L. B.; VENER, J.; HUBERTY, J. Masters Athletes: An Analysis of Running, Swimming and Cycling Performance by Age and Gender. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 7, n. 2, p. S61–S73, 2009a.

REABURN, P.; DASCOMBE, B. Endurance Performance in masters athletes. **European Review of Aging and Physical Activity**, v. 5, n. 1, p. 31–42, 2008.

REABURN, P.; DASCOMBE, B. Anaerobic performance in masters athletes. **European Review of Aging and Physical Activity**, v. 6, p. 39–53, 2009.

RECH, A. et al. Echo intensity is negatively associated with functional capacity in

older women. **Age**, v. 36, n. 5, p. 1–9, 2014.

REEVES, N. D.; MAGANARIS, Æ. C. N.; NARICI, M. V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 116–118, 2004.

ROOS, M. R. et al. Quadriceps muscle strength, contractile properties, and motor unit firing rates in young and old men. **Muscle Nerve**, v. 22, p. 1094–1103, 1999.

ROZAND, V. et al. Assessment of Neuromuscular Function Using Percutaneous Electrical Nerve Stimulation. **Journal of Visualized Experiments**, v. 103, p. 1–11, 2015.

SANTOS, F. H. A. V. M. B. O. F. A. Envelhecimento: um processo multifatorial. **Psicologia em Estudo**, v. 14, n. 1, p. 3–10, 2009.

SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, 2010.

SEALS, D. R. ; JUSTICE, J. N. ; LAROCCA, T. J. . Physiological Geroscience: Targeting Function to Increase Healthspan and Achieve Optimal Longevity. **J. Physiol.**, v. 594, n. 8, p. 2001–2024, 2016.

SEDGWICK, P. Snowball sampling. **BMJ**, v. 347, 2013.

SHIELD, ANTHONY; ZHOU, S. Assessing voluntary muscle activation with the twitch interpolation technique. **Sports Medicine**, v. 34, n. 4, p. 253–267, 2004.

SIMONEAU, E.; MARTIN, A.; HOECKE, J. VAN. Muscular Performances at the Ankle Joint in Young and Elderly Men. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 60, n. 4, p. 439–447, 2005.

SIPILA, S. et al. Muscle strength in male athletes aged 70–81 years and a population sample. **European Journal of Applied Physiology**, v. 63, p. 399–403, 1991.

SIPILA, S.; SUOMINEN, H. Ultrasound imaging of the quadriceps muscle in elderly athletes and untrained men. **Muscle & Nerve**, v. 14, p. 527–533, 1991.

SIPILA, S.; SUOMINEN, H. Muscle ultrasonography and computed tomography in elderly. **Muscle & Nerve**, v. 16, p. 294–300, 1993.

SKELTON, D. Physical Dimensions of Ageing. Edited by Spirduso, Francis and MacRae. Human Kinetics, 2005, ISBN 0-7360-3315-7. 45. **Age and Ageing**, v. 36, p. 113–113, 2006.

STARKES, J. L.; YOUNG, B. W. Examining relative age effects on performance achievement and participation rates in Masters athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 12, p. 1377–1384, 2007.

STOCK, M. S. et al. Echo Intensity and Muscle Thickness as Predictors of Athleticism and Isometric Strength in Middle-School Boys. **Muscle & Nerve**, v. 4, p. 1–27, 2016.

TAIPALE, R. et al. Strength Training in Endurance Runners. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 7, p. 468–76, 2010.

TANAKA, H.; SEALS, D. R. Invited Review: Dynamic exercise performance in

Masters athletes: insight into the effects of primary human aging on physiological functional capacity. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 95, n. 5, p. 2152–2162, 2003.

TANAKA, H.; SEALS, D. R. Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. **The Journal of physiology**, v. 586, n. 1, p. 55–63, 2008.

TARPENNING, K. M. et al. Endurance Training Delays Age of Decline in Leg Strength and Muscle Morphology. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, p. 74–78, 2004.

TARPENNING, K. M. et al. Endurance Exercise and Leg Strength in Older Women. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 14, p. 3–11, 2006.

THOM, J. M. et al. Influence of muscle architecture on the torque and power – velocity characteristics of young and elderly men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, p. 613–619, 2007.

TICINESI, A. et al. Assessing sarcopenia with vastus lateralis muscle ultrasound : an operative protocol. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 30, n. 12, p. 1437–1444, 2018.

TIMMINS, R. G. et al. Architectural adaptations of muscle to training and injury : a narrative review outlining the contributions by fascicle length , pennation angle and muscle thickness. **Br. J. Sports Med**, v. 50, p. 1467–1472, 2016.

TRAPPE, S. Master athletes. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 11, p. 196–207, 2001.

TRAPPE, S. et al. New records in aerobic power among octogenarian lifelong endurance athletes. **Journal of applied physiology**, v. 114, p. 3–10, 2013.

TRAPPE, T. A.; LINDQUIST, D. M.; CARRITHERS, J. A. Muscle-specific atrophy of the quadriceps femoris with aging. **J Appl Physiol**, v. 90, p. 2070–2074, 2001.

UNHJEM, R. et al. Lifelong strength training mitigates the age-related decline in efferent drive. **Journal of applied physiology**, v. 121, n. 2, p. 415–423, 2016.

UNHJEM, R.; LUNDESTAD, R.; FIMLAND, M. S. Strength training-induced responses in older adults : attenuation of descending neural drive with age. **AGE**, v. 3, p. 37–47, 2015.

VANDERVOORT, A. A. Aging of the human neuromuscular system. **Muscle Nerve**, v. 25, p. 17–25, 2002.

VANDERVOORT, A.; MCCOMAS, A. J. Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. **Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging**, v. 61, p. 361–7, 1986.

VERAS, R. Envelhecimento populacional contemporâneo : demandas , desafios e inovações Population aging today : demands , . **Revista de Saúde Pública**, v. 43, n. 3, p. 548–554, 2009.

WALSTON, J. D. Sarcopenia in older adults. **Current Opinion in Rheumatology**, v. 24, p. 623–627, 2012.

WATANABE, Y. et al. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting

muscle strength in elderly men. **Clinical Interventions in Aging**, v. 8, p. 993–998, 2013.

WICKHAM, C. A. C.; WALSH, K. Dietary calcium, physical activity, and risk of hip. **Br Med J**, v. 299, p. 889–892, 1989.

WILHELM, E. N.; RECH, A. Relationship between quadriceps femoris echo intensity , muscle power , and functional capacity of older men. **AGE**, v. 36, n. 3, 2014.

WILLY, R. W.; PAQUETTE, M. R. The Physiology and Biomechanics of the Master Runner. **Sports Med Arthrosc Rev**, v. 27, p. 15–21, 2019.

WINEGARD, K. J. et al. A 12-Year Follow-up Study of Ankle Muscle Function in Older Adults. **Journal of Gerontology: Biological Science**, v. 51A, n. 3, p. 202–207, 1996.

WISWELL, R. A. et al. Relationship between physiological loss, performance decrement, and age in master athletes. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**, 2001.

WROBLEWSKI, A. et al. Chronic Exercise Preserves Lean Muscle Mass in Masters Athletes. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 39, n. 3, p. 172–178, 2011.

YOUNG, H. et al. Measurement of intramuscular fat by muscle echo. **Muscle Nerve**, v. 52, p. 963–971, 2015.

ZAMPIERI, S. et al. Lifelong Physical Exercise Delays Age-Associated Skeletal Muscle Decline. **Journals of Gerontology**, v. 70, p. 163–167, 2014.

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 1

Nós, **André Geraldo Brauer Júnior, Paulo Cesar Barauce Bento**, estamos lhe convidando como voluntário a participar da pesquisa: **“EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO SOBRE O SISTEMA NEUROMUSCULAR DE CORREDORES FUNDISTAS MÁSTER”**.

a) O objetivo desta pesquisa é determinar os efeitos do treinamento físico sobre os músculos da coxa de corredores fundistas de diferentes categorias competitivas e compará-los a pessoas não atletas, porém fisicamente ativas.

b) Caso o Senhor(a) participe da pesquisa, será necessário comparecer dois dias ao Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) no departamento de educação física para realizar avaliações e responder a um questionário. **No primeiro dia** o senhor(a) terá que responder a um questionário com perguntas sobre sua rotina de treinamento e hábitos de atividade física e será realizada uma sessão de familiarização com o instrumento de medida de força. Além disso, estímulos elétricos de baixa intensidade serão aplicados ao seu músculo durante o teste da força muscular para avaliarmos se a sua contração voluntária está sendo realmente máxima. **No segundo dia** será realizada uma avaliação da força muscular dos músculos da coxa, que consiste em realizar movimentos de flexão e extensão do joelho. Durante a execução da avaliação da força muscular será aplicado um estímulo elétrico para o músculo para verificar se o músculo está produzindo uma contração voluntária máxima. Além disso, será realizada uma avaliação no instrumento que avalia imagens/fotos do interior do músculo (ultrassom). O tempo previsto para cada sessão de avaliação é de 90 minutos.

c) Durante a realização dos testes o senhor(a) poderá sentir dores musculares ou algum pequeno desconforto por causa dos estímulos elétricos durante o teste de força muscular, porém este estímulo será de baixa intensidade, e nenhum destes procedimentos trará malefícios para você. Poderá haver ocorrência de dor muscular de início tardio (até 2 dias após o teste), embora isso seja mais comum em pessoas sedentárias, porém menos comum em pessoas fisicamente ativas ou atletas treinados. Nesse caso, o repouso ou atividade física leve é suficiente para cessar a dor muscular. O local de avaliação conta com serviço de emergência médica privada (Plus Santé) para eventualidades.

d) Os benefícios esperados com essa pesquisa são: o de compreender como é a manifestação da força muscular, a qualidade do seu músculo e da ação do sistema nervoso central (mensagem enviada para o músculo), responsáveis pela contração muscular durante o processo de envelhecimento. Dessa forma, poderemos verificar qual o papel do exercício físico na melhoria/manutenção da força, da qualidade muscular e do funcionamento dos nervos responsáveis pela contração muscular. O benefício direto que o senhor(a) terá está relacionado às informações que receberá sobre sua função muscular, qualidade muscular e integridade neural.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal
 Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE
 Orientador

e) Os pesquisadores André Geraldo Brauer Júnior, Paulo Cesar Barauce, profissionais de educação física, são os responsáveis pelo estudo e poderão ser contatados pessoalmente no CECOM (Universidade Federal do Paraná, Rua Coração de Maria nº 92 Campus Jardim Botânico CEP: 80.215-370 – Curitiba – PR) ou pelos telefones 3360-4333/99148-1618 ou nos e-mails braueru@hotmail.com e p.bento063@gmail.com de segunda à sexta-feira das 8:00 as 12:00 e das 13:30 as 17:30 horas, para esclarecimento de eventuais dúvidas a respeito desta pesquisa.

f) Estão garantidas todas as informações que o senhor(a) queira, antes durante e depois do estudo.

g) A sua participação neste estudo é voluntária. Contudo, se o senhor(a) não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá solicitar de volta o termo de consentimento livre esclarecido assinado.

h) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos pesquisadores que executam a pesquisa. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito de forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida.

i) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa (aVALiações) não são da sua responsabilidade, sendo que os problemas decorrentes do estudo serão tratados sob a responsabilidade dos pesquisadores acima citados.

j) Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer VALor em dinheiro.

k) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

Eu, _____ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão..

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

 (Assinatura do sujeito de pesquisa ou responsável legal)

Curitiba, _____, de _____, de _____.

Prof. Paulo Cesar Barauce Bento

Prof. André Geraldo Brauer Júnior.

Pesquisadores responsáveis

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD Rua Padre Camargo, 285 | térreo | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 | cometica.saude@ufpr.br – telefone (041) 3360-7259

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO SOBRE O SISTEMA NEUROMUSCULAR DE CORREDORES FUNDISTAS MÁSTER

Pesquisador: Paulo Cesar Barauce Bento

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 69929817.9.0000.0102

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.259.186

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa proveniente do Programa de Pós-Graduação em Educação Física sob a responsabilidade do Prof. Dr. Paulo Cesar Barauce Bento e colaboração de André Geraldo Brauer Júnior. Os autores informam que "é estudo do tipo experimental que buscará analisar e comparar as respostas agudas e recuperação da função e do edema muscular diante de uma corrida em esteira de 10 km."

Objetivo da Pesquisa:

"Objetivo Primário:

Determinar os efeitos do treinamento físico sobre o sistema neuromuscular de corredores fundistas de diferentes categorias master."

"Objetivo Secundário:

- Analisar as alterações decorrentes do processo de envelhecimento na função neuromuscular, arquitetura muscular e composição muscular do compartimento anterior da coxa de corredores máster de diferentes categorias etárias.

- Comparar a função neuromuscular, arquitetura muscular e composição muscular entre

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

ANEXO I - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 2.259.186

corredores idosos, idosos fisicamente ativos e jovens não atletas.

- Analisar as alterações agudas e a recuperação da função neuromuscular e edema muscular de corredores idosos e corredores jovens após uma corrida simulada de 10 km."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com pesquisador principal, "durante a realização dos testes o avaliado(a) poderá sentir dores musculares ou algum pequeno desconforto por causa dos estímulos elétricos durante o teste de força muscular, porém este estímulo será de baixa intensidade, e nenhum destes procedimentos trará malefícios". "Poderá haver ocorrência de dor muscular tardia, embora seja mais comum em pessoas sedentárias. Nesse caso, o repouso é suficiente para cessar a dor muscular."

Os benefícios esperados, de acordo com o pesquisador principal, são: "o de compreender como é a força muscular, a qualidade muscular e dos nervos responsáveis pela contração muscular durante o processo de envelhecimento."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto é composto por três estudos, a saber:

1) "Participarão aproximadamente 200 corredores do circuito de corrida de rua da cidade de Curitiba-PR (35 anos), distribuídos em 6 categorias: (35 –39, 40 – 49, 50 – 59, 60 – 69, 70 – 79 e >80 anos)."

2) "Participarão aproximadamente 30 corredores idosos de ambos os sexos com idade igual ou superior a 60 anos que serão recrutados a partir do estudo 1, 30 idosos fisicamente ativos de ambos os sexos com idade superior a 60 anos e 30 jovens sedentários saudáveis de ambos os sexos com idade entre 18 e 30 anos."

3) "Participarão 30 corredores idosos de ambos os sexos com idade superior a 60 anos que serão recrutados a partir do estudo 1 e 30 corredores jovens de ambos os sexos com idade entre 18 e 30 anos." São "instrumentos e procedimentos de coleta de dados."

- "Rotina de treinamento/competições: será acessada por meio de questionário semiestruturado adaptado de Hespanhol Junior (2012), que envolverá referentes às rotinas de treinamentos."

- "Antropometria: As medidas antropométricas realizadas serão as seguintes: massa corporal (kg), estatura (m) e índice de massa corporal – IMC (Kg/m²). As medidas de massa corporal e estatura serão realizadas em uma balança digital com estadiômetro da marca Filizola® com precisão de 100

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 2.259.186

gramas em mm."

- "Função neuromuscular: Nível de ativação voluntária - será avaliada por meio da técnica de superimposição elétrica de burst (trens de pulso elétrico de alta frequência enviado para o músculo em contração), durante uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos extensores do joelho. Para realização da estimulação elétrica será utilizado o aparelho Quark Dualpex 961® com corrente alternada, frequência de 50 Hz e trens de pulso de 0,5 ms (onda retangular), com duração de 1 s. Dois eletrodos de borracha com gel condutor serão posicionados e fixados com fita hipoalergênica sobre a pele, na região do ponto motor do vasto medial (VM) e reto femoral (RF)."

- "Pico de torque, trabalho e potência – Serão avaliados por meio de dinamômetro isocinético Biodex System 3 que será calibrado conforme as especificações e recomendações do fabricante. Antes da realização do teste, será realizada uma sessão de familiarização feita no próprio dinamômetro isocinético com uma série de 6 repetições de extensão e flexão de joelho nos membros dominante e não dominante nas velocidades de 60°, 180° s⁻¹, aplicadas em ordem crescente."

- "Arquitetura muscular: O ângulo de penetração, comprimento do fascículo, espessura muscular, área de secção transversa, volume muscular e intensidade do eco do quadríceps femoral das coxas direita e esquerda serão medidos por meio de ultrassonografia (General Electric®) com um transdutor de 5 cm de comprimento por 2 cm de largura, a uma frequência de 11 MHz."

- "Composição muscular: a intensidade do eco será utilizada para se inferir a respeito da gordura infiltrada e elementos não contráteis e será determinada por meio de análise da escala de cinza, usando a função de histograma padrão. Sendo assim, pixels mais claros (hiperecóticos) podem indicar presença de gordura infiltrada e elementos não contráteis. A intensidade do eco será calculada como a mediana dos valores dentro da área de interesse, sendo que quanto maior a mediana, maior a presença de gordura infiltrada."

- "Adicionalmente os participantes do estudo 3 serão submetidos a uma prova de corrida simulada de 10 km para avaliar o efeito da fadiga e recuperação. Para tanto, serão avaliados 48 h antes, imediatamente antes da prova, logo após, 24 e 48 horas após."

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram todos apresentados

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

AS pendências foram atendidas e o projeto é considerado aprovado.

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 2.259.186

- É obrigatório retirar na secretaria do CEP/SD uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido com carimbo onde constará data de aprovação por este CEP/SD, sendo este modelo reproduzido para aplicar junto ao participante da pesquisa.

O TCLE deverá conter duas vias, uma ficará com o pesquisador e uma cópia ficará com o participante da pesquisa (Carta Circular nº. 003/2011CONEP/CNS).

Favor agendar a retirada do TCLE pelo telefone 41-3360-7259 ou por e-mail cometica.saude@ufpr.br, necessário informar o CAAE.

Considerações Finais a critério do CEP:

Solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios semestrais e final, sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos, através da Plataforma Brasil - no modo: NOTIFICAÇÃO. Demais alterações e prorrogação de prazo devem ser enviadas no modo EMENDA. Lembrando que o cronograma de execução da pesquisa deve ser atualizado no sistema Plataforma Brasil antes de enviar solicitação de prorrogação de prazo.

Emenda – ver modelo de carta em nossa página: www.cometica.ufpr.br (obrigatório envio)

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_936474.pdf	24/08/2017 15:57:47		Aceito
Outros	TCLE_2_NOVO.docx	24/08/2017 15:57:17	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	TCLE_1_NOVO.docx	24/08/2017 15:56:20	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	CARTA_NOVO.docx	22/08/2017 21:34:27	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	PROJETO_CORRIGIDO.docx	03/08/2017 20:15:05	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	carta_pendencias.docx	03/08/2017 20:13:03	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	MODELO13_TCLE.docx	19/06/2017 11:17:19	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 2.259.186

Ausência	MODELO13_TCLE.docx	19/06/2017 11:17:19	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	MODELO12_DECLARACAO_DE_RESPONSABILIDADES_NO_PROJETO.docx	16/06/2017 19:45:15	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	MODELO9_TERMO_DE_COMPROMISSO PARA INICIO DA PESQUISA.doc	16/06/2017 19:41:57	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	MODELO8_DECLARACAO_DE_USO_ESPECIFICO_DE_MATERIAL_E.docx	16/06/2017 19:40:30	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	MODELO7_DECLARACAO_DE_TORNAR PUBLICOS OS RESULTADOS.do	16/06/2017 19:38:44	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	MODELO6_TERMO_DE_CONFIDENCIALIDADE.docx	16/06/2017 19:37:44	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	MODELO_3.docx	16/06/2017 19:36:25	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	MODELO2_ANALISE_DO_MERITO_CIENFICO.docx	16/06/2017 19:35:20	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	MODELO1_Oficio_do_pesquisador_encaminhando o projeto ao CEP.docx	16/06/2017 19:33:33	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.docx	15/06/2017 18:02:06	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	Check_List.docx	14/06/2017 21:52:55	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Outros	ata_projeto_colegiado.pdf	14/06/2017 14:44:17	André Geraldo Brauer Júnior	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	13/06/2017 16:01:18	Paulo Cesar Barauce Bento	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CURITIBA, 05 de Setembro de 2017

Assinado por:
IDA CRISTINA GUBERT
(Coordenador)

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

ANEXO II - QUESTIONÁRIO TESE

Nome:

Código: _____

Parte I – Dados pessoais

1. Qual a sua idade? _____ anos.
2. Qual o seu peso? _____ kg.
3. Qual a sua estatura? _____ m.
4. Há quanto tempo você pratica corrida? _____ anos
5. Qual o seu nível de escolaridade (concluído)?
 - a. () ensino fundamental completo
 - b. () ensino medio completo
 - c. () ensino superior completo
 - d. () pos-graduação/especialização completa
 - e. () mestrado completo
 - f. () doutorado completo
 - g. () pós- doutorado completo.

Parte II – Rotina de treinamento e competição

1. Com qual frequência você corre/treina? _____ vezes/semana.
2. Qual é a metragem (km) semanal média? _____ km/semana.
3. Quanto tempo dura em média sua sessão de treinamento? _____ minutos.
4. Qual é o tipo de prova que você corre com maior frequência?
 - a. () 5 km
 - b. () 10 km
 - c. () Provas com + 10 km, porém inferiores a ½ maratona.
 - d. () ½ Maratona.
 - e. () Maratona.
 - f. () > maratona.
5. Qual o seu recorde pessoal nas seguintes distâncias:
 - a. 5 km (_____)
 - b. 10 km (_____)
 - c. Provas com + 10 km, porém inferiores a ½ maratona. (_____)
 - d. ½ Maratona (_____)
 - e. Maratona (_____)
 - f. > maratona (_____).
6. Também pratica outros esportes/exercícios físicos?
 - a. () Sim
 - b. () Não.
 - c. Qual é o esporte/exercício físico praticado? _____
 - d. Há quanto tempo? _____anos.
 - e. Com qual frequência? _____vezes/semana.
 - f. Quanto tempo dura em média esses treinos? _____horas.
7. Seu treinamento é feito por profissional de Educação Física?
 - a. () Sim
 - b. () Não.

ANEXO III (IPAQ)

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA (VERSÃO CURTA)

NOME: _____ CÓDIGO _____

Data: ____/____/____ Idade : ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como

parte do seu dia a dia. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gastou fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação! Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal;
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1.a. Em quantos dias da última semana você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos em casa, na escola ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício? dias _____ por **SEMANA**() Nenhum

1.b. Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**? horas: _____ Minutos: _____

2.a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração? (**NÃO INCLUA CAMINHADA**) dias _____ por **SEMANA**() Nenhum

2.b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: _____ Minutos: _____

3.a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração? dias _____ por **SEMANA**() Nenhum

3.b. Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: _____ Minutos: _____