

**ASSOCIAÇÕES MORFOLÓGICAS REGIONAIS ENTRE A HIPERTROFIA
MUSCULAR E A REDUÇÃO DE GORDURA SUBCUTÂNEA**

Antunes, Pedro, Universidade Federal de Santa Maria, pedro.oliveirantunes@gmail.com

Alves, Alan, Universidade Federal de Santa Maria, alan.alves@acad.ufsm.br

Diniz, Rodrigo, Universidade Federal de Minas Gerais, rodrigocrd@hotmail.com

Lima, Fernando, Universidade Federal de Minas Gerais, ferlima@eeffto.ufmg.br

Nunes, Tiago, Universidade Federal de Santa Maria, tiago.nunes1102@gmail.com

Laporta, Lorenzo, Universidade Federal de Santa Maria, laporta.lorenzo@ufsm.br

Pedrosa, Gustavo, Universidade Federal de Santa Maria, gustavo.pedrosa@ufsm.br

RESUMO

Pesquisas anteriores conduzidas por nosso grupo identificaram que diferentes regiões musculares apresentam níveis distintos de hipertrofia. Isso levanta uma questão importante: a gordura subcutânea localizada sobre essas regiões hipertrofiadas também se modifica de maneira correspondente, seguindo um padrão semelhante? Assim, o presente estudo teve como objetivo investigar se regiões musculares que apresentaram maior hipertrofia após um protocolo de treinamento resistido também demonstraram maiores reduções de gordura subcutânea localizada. Para isso, nove mulheres não treinadas realizaram 36 sessões de treinamento ao longo de 12 semanas utilizando uma cadeira extensora com amplitude parcial de movimento (de 65° a 30° de flexão do joelho). Antes e após o treinamento, a área de secção transversa (AST) do músculo reto femoral e a espessura da gordura subcutânea foram avaliadas por ultrassonografia em quatro regiões (do proximal ao distal) ao longo do fêmur (40%, 50%, 60% e 70%). A análise estatística revelou diferenças significativas nos níveis de hipertrofia entre as regiões musculares (de 11,56% a -3,56%); no entanto, não foram observadas diferenças significativas na redução de gordura subcutânea entre essas regiões (de -9,48% a -0,15%). Além disso, não foram encontradas correlações significativas entre a hipertrofia regional e a perda de gordura regional. Esses achados sugerem que, embora a hipertrofia muscular possa ocorrer de forma específica por região, essa adaptação não está necessariamente associada à redução de gordura localizada—reforçando a noção de que a perda de gordura é predominantemente sistêmica e regulada por mecanismos que vão além das adaptações hipertróficas.

Palavras-Chave: gordura subcutânea, hipertrofia muscular, perda de gordura, treinamento resistido, gordura localizada

INTRODUÇÃO

O treinamento resistido regular proporciona inúmeros benefícios à saúde, incluindo melhorias na saúde cardiovascular, redução do estresse e prevenção de doenças crônicas degenerativas, como o diabetes tipo 2 e a hipertensão (Viana Filho et al., 2020). Outro benefício amplamente documentado é a melhora na composição corporal, refletida, por exemplo, no aumento da massa muscular e na diminuição do percentual de gordura corporal. Vale destacar que a redução de gordura é um dos objetivos mais comumente buscados por indivíduos que praticam exercícios físicos, seja por motivos estéticos ou pela melhora da saúde sistêmica (Kordi et al., 2018; Trexler et al., 2014; Ramirez-Campillo et al., 2022; Tanimoto et al., 2008).

Dada a relevância desse objetivo, é pertinente revisitar o debate sobre se a perda de gordura ocorre de forma sistêmica ou se pode haver uma predominância regional, especialmente à luz de protocolos de treinamento recentes que sugerem possíveis alterações no fluxo sanguíneo local e na atividade lipolítica (Kordi et al., 2018; Ramirez-Campillo et al., 2022). Embora a literatura clássica apoie fortemente a natureza sistêmica da lipólise, estudos mais recentes têm investigado se intervenções específicas poderiam modular esse padrão.

A possibilidade de perda de gordura regional induzida por exercício tem sido tema de debate (Tanimoto et al., 2008; Boden & Lee, 2007). Por exemplo, há evidências de que exercícios abdominais podem reduzir seletivamente a gordura na região abdominal de forma mais eficaz do que o treinamento aeróbico realizado em esteira (Burke et al., 2023). Esse achado é corroborado por outros estudos (Sloane & Armitage, 2009; Stanforth et al., 2014), os quais também relataram reduções localizadas na gordura subcutânea após exercícios direcionados a regiões específicas.

Do ponto de vista fisiológico, o aumento da massa muscular em uma área específica (hipertrofia regional) pode influenciar a redistribuição de gordura, uma vez que músculos maiores e metabolicamente mais ativos podem demandar maior quantidade de energia — incluindo gordura armazenada nas áreas adjacentes — tanto durante quanto após o exercício (Zabaleta-Korta et al., 2022). Assim, mecanismos fisiológicos fornecem uma base plausível para a hipótese de que o treinamento resistido que promove hipertrofia muscular mais pronunciada em determinada região possa também induzir maior redução de gordura nessa mesma área.

No que se refere à regionalização da hipertrofia, estudos anteriores demonstraram que a manipulação da amplitude de movimento articular (ROM, do inglês *Range of Motion*) pode levar ao crescimento muscular em regiões específicas (Pedrosa et al., 2023; McMahon et al., 2014; Schoenfeld et al., 2015). No entanto, esses estudos não investigaram se a perda de gordura regional ocorreu nas mesmas áreas hipertrofiadas quando comparadas a regiões com menor hipertrofia, dificultando a análise de qualquer associação entre hipertrofia regional e perda de gordura localizada.

É importante considerar que um estudo prévio de nosso grupo (Pedrosa et al., 2022) demonstrou que a manipulação da amplitude de movimento pode representar uma variável que influencia regionalmente a hipertrofia muscular. Notadamente, um dos protocolos, que restringiu a amplitude aos graus finais do movimento, promoveu hipertrofia nas regiões distais do reto femoral, mas não gerou hipertrofia significativa na região mais proximal. Esses achados

oferecem um embasamento para investigar se mudanças regionais na gordura subcutânea acompanham o padrão de distribuição da hipertrofia muscular.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi analisar se regiões musculares que apresentaram maior hipertrofia após um protocolo de treinamento resistido também exibiram maior redução de gordura nesses mesmos locais. A hipótese central foi que regiões com maiores ganhos hipertróficos também apresentariam uma redução de gordura localizada mais pronunciada em comparação às regiões com menor hipertrofia.

AMOSTRA

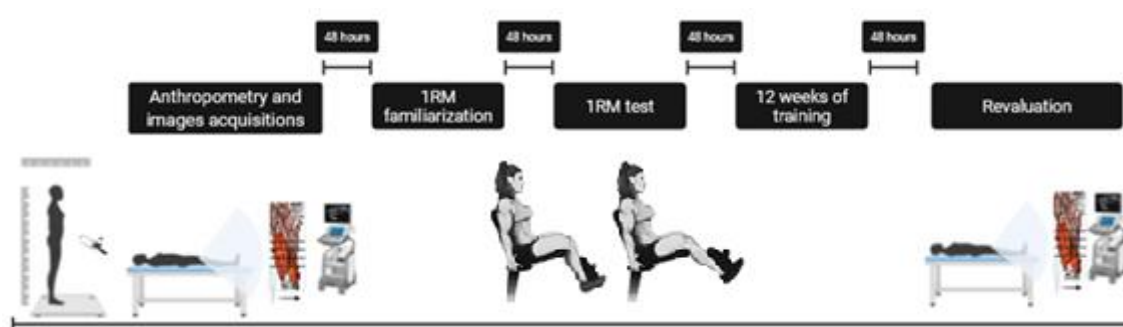
A amostra foi composta a partir de um estudo anterior conduzido por Pedrosa et al. (2022), o qual incluiu participantes que realizaram exercícios de extensão de joelho em máquina, utilizando uma amplitude final parcial de movimento (FINALrom). Essas participantes apresentaram maior hipertrofia na região proximal em comparação à região distal do músculo reto femoral (RF). O grupo foi composto por nove mulheres não treinadas, com idade média de $22,7 \pm 2,8$ anos, massa corporal média de $61,5 \pm 9,0$ kg, estatura média de $1,61 \pm 0,01$ m e percentual médio de gordura corporal de $25,9 \pm 5,1\%$. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (parecer número 1758518.1.0000.5149).

DESENHO EXPERIMENTAL

Ao longo de 12 semanas, nove mulheres realizaram treinamento de extensão de joelho utilizando uma amplitude final de movimento (de 65° a 30° de flexão do joelho – 0° = extensão completa). A amplitude foi monitorada por um potenciômetro linear acoplado ao eixo da máquina de extensão de pernas, calibrado regularmente com um goniômetro manual. Além do monitoramento em tempo real via computador, o controle da amplitude durante o exercício foi reforçado por meio de estímulos visuais e auditivos, como faixas elásticas fixadas em suportes e um sino que indicava o fim da fase concêntrica. Um espelho lateral permitia que as participantes acompanhassem visualmente o movimento, enquanto fitas adesivas no chão e no cabo da máquina serviam como pontos de referência para a transição entre as fases excêntrica e concêntrica. Um metrônomo e orientações verbais da equipe de pesquisa também foram utilizados para garantir o ritmo adequado e a duração correta das ações musculares concêntricas e excêntricas.

O programa de treinamento consistiu em 36 sessões, com intervalos de 48 a 72 horas entre elas. Um teste de uma repetição máxima (1RM) foi realizado para determinar a intensidade do treinamento. Para avaliar as alterações na hipertrofia muscular e na espessura da gordura subcutânea no RF, foram realizadas avaliações pré e pós-treinamento. Essas avaliações incluíram medidas da área de secção transversa (CSA) e da espessura da gordura subcutânea por meio de ultrassonografia em quatro pontos longitudinais ao longo do fêmur (localizados a 40%, 50%, 60% e 70% de seu comprimento). A Figura 1 ilustra o desenho do estudo.

Figura 1. Desenho do estudo



1RM - teste de uma repetição máxima. Pré-treinamento: 1ª sessão experimental

Durante a primeira sessão, foram coletados dados antropométricos das participantes, incluindo estatura, massa corporal e percentual de gordura corporal, este estimado por meio da medição de sete dobras cutâneas (Jackson & Pollock, 1980). Em seguida, as participantes foram posicionadas em decúbito ventral por 15 minutos, a fim de permitir a redistribuição de fluidos e minimizar alterações nas imagens de ultrassonografia. Durante esse período, foi realizado o comprimento do fêmur, utilizando o trocânter maior como referência de 0% e o epicôndilo lateral como ponto de referência distal para determinar as regiões de aquisição de imagem.

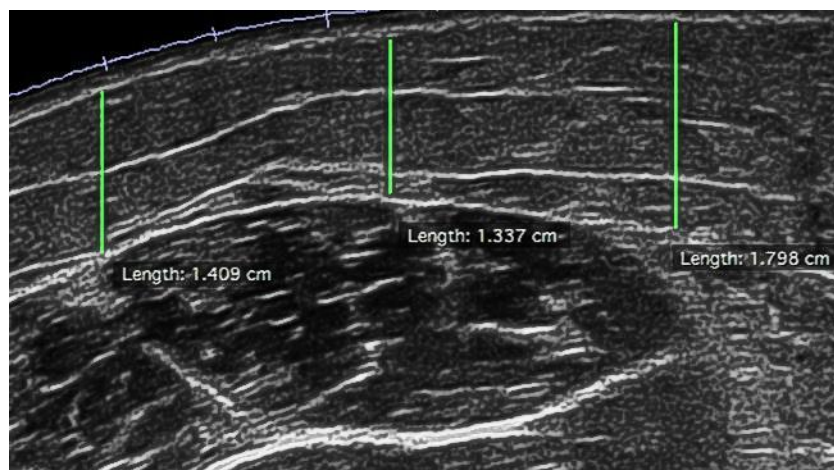
Os pontos de interesse foram estabelecidos a 40%, 50%, 60% e 70% do comprimento do fêmur, com o auxílio de um dispositivo a laser para marcar os locais e verificar o alinhamento axial. O dispositivo foi posicionado sobre a coxa da participante e utilizado para identificar os pontos de alinhamento axial.

Para a obtenção das imagens da área de secção transversa (CSA) do músculo reto femoral, foi utilizado o modo de campo de visão estendido de um aparelho de ultrassonografia (Mindray® DC-7, China), com faixa de frequência entre 5–10 MHz e um transdutor linear de 4 cm,

conforme descrito em Pedrosa et al. (2022). Todas as avaliações foram realizadas por um único examinador treinado, com experiência na análise de mais de 500 imagens, sendo coletadas duas imagens do músculo reto femoral em cada ponto (40%, 50%, 60% e 70%), e a média dos valores foi utilizada para os procedimentos estatísticos.

A espessura da gordura foi avaliada em três regiões de interesse predefinidas. Duas dessas medidas foram obtidas abaixo das bordas aponeuróticas medial e lateral do ventre muscular. A terceira medição foi realizada em um ponto central entre essas duas regiões, com o objetivo de abranger toda a camada adiposa sob o músculo reto femoral (Figura 2).

Figura 2. Imagem de ultrassonografia mostrando a medição da espessura da camada adiposa.



Todas as imagens foram armazenadas no disco rígido do aparelho de ultrassonografia e, posteriormente, transferidas para um disco rígido externo no formato DICOM para análise da espessura da gordura utilizando o software Horos® (Annapolis, Maryland, EUA). A confiabilidade das medidas da espessura do tecido adiposo foi avaliada entre o avaliador principal e um segundo avaliador, sendo que este último analisou 30% de todas as imagens. O coeficiente de correlação intraclassa (ICC 3,1) entre os dois avaliadores variou de 0,84 a 0,99 em todas as regiões de interesse. Após o período de treinamento, os mesmos procedimentos de ultrassonografia para aquisição das imagens foram cuidadosamente repetidos para reavaliar as voluntárias entre 72 e 96 horas após a última sessão de treinamento.

Pré-treinamento: 2ª sessão experimental

No dia seguinte à primeira sessão experimental, as participantes realizaram uma sessão de familiarização com o teste de 1RM, executado dentro da amplitude de movimento específica

(65° a 30° de flexão do joelho) na máquina de extensão de pernas. Inicialmente, elas foram posicionadas na máquina com o quadril flexionado a 110°. Para garantir estabilidade, foram fixadas à cadeira com um cinto de segurança preso em quatro pontos. A familiarização consistiu em até seis tentativas para determinar a carga máxima levantada, com intervalos de descanso de 3 minutos entre as tentativas. Adicionalmente, uma estrutura metálica foi posicionada à frente da máquina para servir como referência de parada mecânica no ângulo de extensão desejado.

3ª sessão experimental

A terceira sessão ocorreu 48 horas após a segunda, durante a qual foi realizado um único teste de 1RM, seguindo os mesmos procedimentos descritos na sessão experimental anterior. Os resultados obtidos neste teste foram utilizados para determinar a intensidade do treinamento nas sessões subsequentes, fixada em 60% de 1RM.

Treinamento: 4ª à 39ª sessões experimentais

Quarenta e oito horas após a sessão anterior, as participantes iniciaram um programa de treinamento com duração de 12 semanas, realizado três vezes por semana, consistindo em 3 séries de 7 repetições, com tempo controlado de 2 segundos para a fase concêntrica e 2 segundos para a fase excêntrica, a 60% de 1RM. O intervalo de descanso entre as séries foi de 3 minutos. Nas 3ª e 5ª semanas, o volume foi aumentado para 4 séries; nas 6ª e 8ª semanas, realizaram-se 5 séries; e da 9ª à 12ª semana, o número de séries foi aumentado para 6. Para assegurar que a intensidade fosse mantida conforme planejado, as participantes realizaram um teste de 1RM a cada duas semanas, 10 minutos antes do início da sessão de treinamento.

Pós-treinamento: 40ª sessão experimental

Após a conclusão das sessões de treinamento, as participantes foram submetidas a uma nova avaliação por ultrassonografia, seguindo os mesmos procedimentos utilizados na avaliação pré-treinamento. Essa avaliação foi realizada entre 72 e 96 horas após a última sessão de treinamento, e os procedimentos para medição da espessura da gordura e da área de secção transversa (CSA) do músculo reto femoral foram semelhantes aos realizados na primeira sessão experimental.

Estatística

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro–Wilk. Testes t pareados foram realizados para comparar os valores absolutos de CSA e espessura da gordura subcutânea antes e após o treinamento nas diferentes regiões, com o objetivo de analisar a hipertrofia muscular e a redução de gordura regionais. Em seguida, as alterações relativas na CSA do músculo reto femoral e na espessura da gordura subcutânea entre as regiões musculares foram comparadas utilizando-se uma ANOVA unidirecional (one-way ANOVA), tendo a região como fator. Quando foram identificadas diferenças estatisticamente significativas, aplicou-se o teste post hoc de Tukey para localizar especificamente quais regiões diferiram. Adicionalmente, as relações entre variáveis de hipertrofia e perda de gordura nas regiões avaliadas foram analisadas por meio do teste de correlação de Pearson, com o objetivo de verificar possíveis associações entre essas adaptações morfológicas. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPSS, versão 22.0, com o nível de significância estabelecido em $\alpha < 0,05$.

RESULTADOS

Considerando a hipertrofia muscular, o teste t identificou que houve hipertrofia significativa apenas nas regiões de 40% e 50%. Esses resultados podem ser visualizados na Tabela 1.

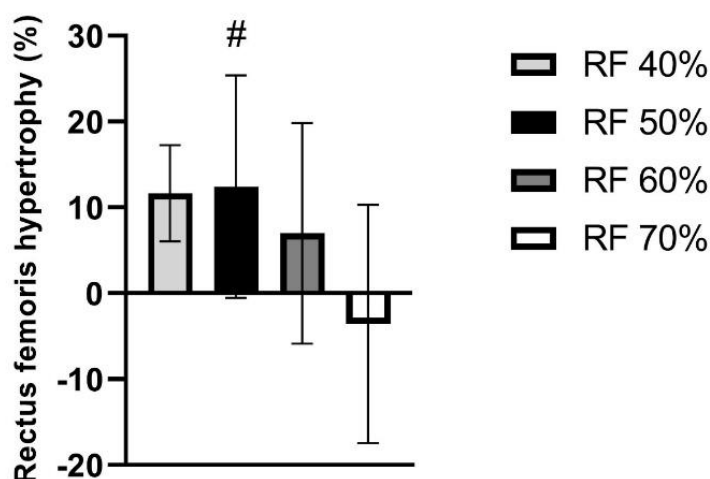
Tabela 1 – Valores da área de secção transversa (CSA) do músculo reto femoral antes e após o treinamento, nas diferentes regiões.

Region	Pre (cm ²)	Post (cm ²)	Δ %	t-value	p	ES
40%	7.90 ± 2.62	8,67±3.05	11.66 ± 5.60	2.87	0.021*	0.96
50%	5.85 ± 2.18	6.46 ± 2.83	12.44 ± 12.97	± 2.05	0.004*	0.66
60%	3.62 ± 1.46	3.95 ± 1.85	7.01 ± 12.86	1.80	0.066	0.75
70%	1.65 ± 0.88	1.65 ± 1.67	-3.56 ± 13.89	± -0.77	0.318	0.25

* diferente dos valores pré-treinamento. ES = tamanho do efeito (effect size, d de Cohen)

Considerando a comparação da hipertrofia muscular entre as regiões, a ANOVA apresentou uma diferença significativa entre elas ($p = 0,040$). De acordo com o teste de Tukey, as regiões de 50% e 70% hipertrofiaram de maneira diferente, sendo que esta última apresentou menor hipertrofia em relação à primeira. Não foram encontradas diferenças entre as demais regiões analisadas. A Tabela 1 ilustra a hipertrofia para cada região. A Figura 3 ilustra a resposta hipertrófica entre as regiões.

Figura 3 – Aumento relativo da área de secção transversa do músculo reto femoral entre as quatro regiões.



diferente da região de 70%.

Em relação à espessura da gordura, o teste t identificou que houve uma redução significativa apenas nas regiões de 40% e 60%. Esses resultados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores da espessura do tecido adiposo sobre o reto femoral antes e após o treinamento, nas diferentes regiões.

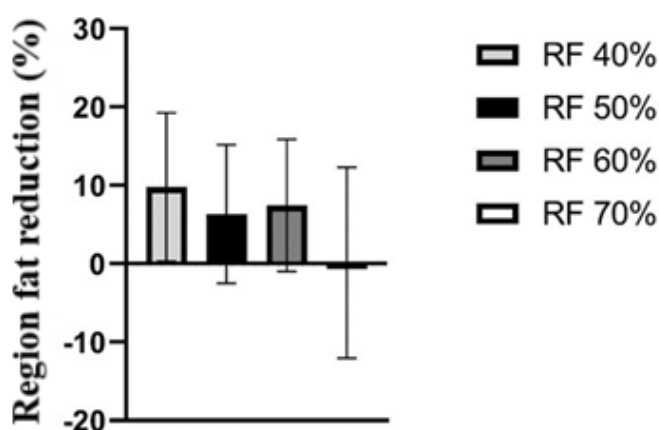
Region (%)	Pre (cm)	Post (cm)	Δ (%)	T-value	P	ES
------------	----------	-----------	--------------	---------	---	----

40%	1.74 ± 0.41	1.57 ± 0.41	-9.48	± 2.93	0.019*	0.97
			9.48			
50%	1.52 ± 0.38	1.42 ± 0.35	-6.36	± 1.99	0.082	0.66
			8.83			
60%	1.30 ± 0.31	1.21 ± 0.33	-7.45	± 2.45	0.040*	0.81
			8.44			
70%	1.18 ± 0.29	1.16 ± 0.20	-0.15	± 0.56	0.598	0.18
			12.16			

* Diferente dos valores pré-treinamento. ES = tamanho do efeito (d de Cohen)

Considerando a redução de gordura entre as regiões, a ANOVA não identificou diferenças significativas entre as quatro regiões analisadas ($p = 0,262$). A Figura 4 ilustra a comparação da perda de gordura nas regiões. O teste de correlação de Pearson não identificou associação entre a perda de gordura e a hipertrofia regional em nenhuma das regiões investigadas ($p = 0,409 - 0,982$; $r = -0,19 - 0,315$).

Figura 4 – Redução relativa (valores positivos) da espessura da gordura entre as quatro regiões.



DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo indicam que, apesar da ocorrência de hipertrofia muscular regional no músculo reto femoral após 12 semanas de treinamento com amplitude final de movimento (FINALrom), não houve redução significativa da gordura subcutânea localizada nas regiões avaliadas, nem associação significativa entre as áreas que apresentaram maior

hipertrofia e a redução de gordura. Esses resultados reforçam o conceito de que a perda de gordura corporal não é localizada, mas sim regulada por mecanismos sistêmicos.

Os achados presentes corroboram as evidências apresentadas por Vispute et al. (2011), que demonstraram a ausência de efeitos de redução de gordura localizada decorrentes de exercícios abdominais específicos. Um paralelo apresentado por Ramirez-Campillo et al. (2021) reforça essa constatação, destacando que, embora exista uma base teórica para a hipótese de redução de gordura induzida localmente pelo exercício, os dados ainda não sustentam claramente essa relação.

Além disso, o estudo de Kordi et al. (2015) investigou a resposta da gordura abdominal ao exercício resistido específico para essa região, observando uma tendência à redução localizada; entretanto, de magnitude modesta e sem controle rigoroso das variáveis metabólicas e dietéticas. Essa discrepância entre os achados pode estar relacionada à população investigada, duração da intervenção e, principalmente, à intensidade do estímulo. No presente estudo, a intensidade foi fixada em 60% de 1RM, o que pode ter sido insuficiente para desencadear uma mobilização lipídica regional relevante. Por outro lado, estudos como o de Paoli et al. (2021), que empregaram estímulos resistidos combinados com exercícios aeróbicos de alta intensidade, observaram reduções mais significativas de gordura subcutânea especificamente na região treinada, sugerindo que exercícios aeróbicos de alta intensidade associados ao treinamento resistido podem potencializar a mobilização lipídica regional e influenciar os resultados obtidos.

A literatura também aponta que a hipertrofia muscular é um processo regionalizado, dependente de variáveis como amplitude de movimento e perfil de resistência do exercício (Zabaleta-Korta et al., 2022). Essa afirmação foi confirmada em nosso protocolo, no qual a hipertrofia foi significativamente maior em determinadas regiões do músculo reto femoral, mesmo com a execução de um exercício monoarticular e controlado. Esses achados estão alinhados com os de Ema et al. (2013), que identificaram alterações arquitetônicas intramusculares específicas após treinamento com diferentes ênfases de sobrecarga.

Por outro lado, estudos como o de Brobakken et al. (2023) demonstram que, sob certas condições, a combinação de exercícios resistidos localizados com elevada demanda metabólica pode promover reduções regionais de gordura. No entanto, esse protocolo envolveu maior volume e atividade aeróbica — elementos não adotados no presente estudo. Além disso, a inclusão do exercício aeróbico poderia ter enviesado os resultados, considerando suas consequências metabólicas, que tendem a favorecer maior mobilização e oxidação da gordura corporal (Paoli et al., 2012). De fato, estudos como o de Baumgartner, Smith e Johnson (2020)

demonstram que o treinamento combinado (resistido + aeróbico) pode levar a maiores reduções de gordura corporal em comparação com o treinamento resistido isolado, sugerindo que o componente aeróbico pode desempenhar papel importante nos resultados da perda de gordura. Ademais, alterações hormonais locais induzidas pelo exercício resistido têm sido sugeridas como possível fator de mobilização lipídica regional (Hackney, 2014). No entanto, Scott et al. (2020) enfatizam que essas alterações são transitórias e provavelmente insuficientes para promover mudanças relevantes a longo prazo na distribuição de gordura subcutânea, especialmente em mulheres não treinadas, como em nossa amostra.

Portanto, os resultados do presente estudo, em consonância com grande parte da literatura, apontam para uma dissociação entre a hipertrofia muscular regional e a perda de gordura subcutânea localizada. Tais dados reforçam a ideia de que, embora a plasticidade muscular regional seja sensível a estímulos específicos, a adiposidade corporal segue uma dinâmica sistêmica mediada por fatores hormonais, dietéticos, genéticos e outros (Trexler et al., 2014). Pesquisas futuras devem explorar o papel da intensidade e do volume do treinamento, bem como considerar intervenções combinadas (resistido + aeróbico), análises hormonais locais e avaliações metabólicas detalhadas, para investigar mais profundamente os possíveis mecanismos que envolvem a interação entre hipertrofia muscular regional e mobilização lipídica.

Assim, embora o treinamento de força seja eficaz na promoção de adaptações musculares, os dados encontrados não sustentam a hipótese de que o aumento da massa muscular em uma determinada área resulte, por si só, em maior redução da gordura subcutânea subjacente. Reforça-se, portanto, a compreensão de que a redução da gordura corporal segue um comportamento mais sistêmico, influenciado por fatores metabólicos, hormonais e outros, e não necessariamente pela ação localizada do exercício.

Novas investigações com diferentes protocolos de treinamento, populações e métodos de avaliação são necessárias para elucidar com maior precisão as possíveis interações entre hipertrofia regional e alterações na espessura da gordura subcutânea.

Limitações

Uma limitação importante deste estudo foi o tamanho reduzido da amostra ($n = 9$), o que pode restringir a generalização dos achados e reduzir o poder estatístico para detectar associações sutis entre hipertrofia e perda de gordura. Além disso, não houve controle dietético durante a intervenção, o que representa um fator de confusão potencial, uma vez que a ingestão calórica

e a qualidade da dieta podem influenciar diretamente a mobilização e o acúmulo de gordura, afetando, assim, os desfechos avaliados.

Conclusão

Os resultados do presente estudo indicam que, embora tenha ocorrido hipertrofia muscular regional em diferentes pontos do músculo reto femoral, essa adaptação não esteve associada à redução de gordura localizada nas mesmas regiões. Isso sugere que a perda de gordura corporal, ao menos dentro dos parâmetros avaliados, não segue um padrão regional específico vinculado à hipertrofia muscular.

Referencias

Baumgartner, T. J., Smith, L. A., & Johnson, R. P. (2020). The effect of aerobic and resistance training and combined exercise modalities on subcutaneous abdominal fat: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Advances in Nutrition*, 12(1), 179–196. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa090>

Berg, H. E., Tedner, B., & Tesch, P. A. (1993). Changes in lower limb muscle cross-sectional area and tissue fluid volume after transition from standing to supine. *Acta Physiologica Scandinavica*, 148(4), 379–385.

Brobakken, M. F., Krogsaeter, I., Helgerud, J., Wang, E., & Hoff, J. (2023). Abdominal aerobic endurance exercise reveals spot reduction exists: A randomized controlled trial. *Physiological Reports*, 11(22), e15853. <https://doi.org/10.14814/phy2.15853>

Burke, R., Piñero, A., Coleman, M., Mohan, A., Sapuppo, M., Augustin, F., Aragon, A. A., Candow, D. G., Forbes, S. C., Swinton, P., et al. (2023). The effects of creatine supplementation combined with resistance training on regional measures of muscle hypertrophy: A systematic review with meta-analysis. *Nutrients*, 15, 2116. <https://doi.org/10.3390/nu15092116>

Ema, R., Wakahara, T., Miyamoto, N., et al. (2013). Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 113, 2691–2703. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2700-1>

Filho, L. de P. V., et al. (2020). Adaptações cardíacas fisiológicas induzidas pelo exercício físico em atletas amadores: Revisão narrativa. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 56, e3999.

Hackney, A. C. (2014). *Endocrinology of exercise and sport*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7710-3>

Kordi, R., Dehghani, S., Noormohammadpour, P., Rostami, M., & Mansournia, M. A. (2015). Effect of abdominal resistance exercise on abdominal subcutaneous fat of obese women: A randomized controlled trial using ultrasound imaging assessments. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 38(3), 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2014.12.004>

McMahon, G. E., et al. (2014). Muscle hypertrophy response to range of motion in strength training. *European Journal of Applied Physiology*.

Miyatani, M., Kanehisa, H., Kuno, S., Nishijima, T., & Fukunaga, T. (2002). Validity of leg muscle volume estimated by anthropometric measurements in young and older men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 86(3), 213–218.

Paoli, A., Casolo, A., Saoncella, M., Bertaggia, C., Fantin, M., Bianco, A., Marcolin, G., & Moro, T. (2021). Effect of an endurance and strength mixed circuit training on regional fat thickness: The quest for the “spot reduction”. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3845. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073845>

Paoli, A., Moro, T., Marcolin, G., Neri, M., Bianco, A., Palma, A., & Grimaldi, K. (2012). High-intensity interval resistance training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. *Journal of Translational Medicine*, 10, 237. <https://doi.org/10.1186/1479-5876-10-237>

Pedrosa, G. F., Lima, F. V., Schoenfeld, B. J., Lacerda, L. T., Simões, M. G., Pereira, M. R., Diniz, R. C. R., & Chagas, M. H. (2022). Partial range of motion training elicits favorable improvements in muscular adaptations when carried out at long muscle lengths. *European Journal of Sport Science*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1927199>

Pedrosa, G. F., Simões, M. G., Figueiredo, M. O. C., Lacerda, L. T., Schoenfeld, B. J., Lima, F. V., Chagas, M. H., & Diniz, R. C. R. (2023). Training in the initial range of motion promotes greater muscle adaptations than at final in the arm curl. *Sports*, 11, 39. <https://doi.org/10.3390/sports11020039>

Ramirez-Campillo, R., Andrade, D. C., Campos-Jara, C., Henríquez-Olguín, C., Alvarez-Lepín, C., & Izquierdo, M. (2022). A proposed model to test the hypothesis of exercise-induced localized fat reduction (spot reduction). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3845. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073845>

Schoenfeld, B. J., et al. (2015). Influence of range of motion in resistance training in muscle strength and hypertrophy: Adaptations and mechanisms. *Sports Medicine*, 45(6), 823–834.

Schuenke, M. D., Mikat, R. P., & McBride, J. M. (2002). Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: Implications for body mass management. *European Journal of Applied Physiology*, 86(5), 411–417. <https://doi.org/10.1007/s00421-001-0568-y>

Scott, J. M., Martin, D. S., Ploutz-Snyder, R., et al. (2017). Panoramic ultrasound: A novel and valid tool for monitoring change in muscle mass. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 8(3), 475–481. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12104>

Sloane, R., & Armitage, C. J. (2009). Spot reduction and its effects on body fat. *International Journal of Obesity*, 33(3), 612–620.

Stanforth, P. R., et al. (2014). Body composition changes among female NCAA Division 1 athletes across the competitive season and over a multiyear time frame. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 300–307.

Tanimoto, M., Sanada, K., Yamamoto, K., Kawano, H., Gando, Y., Tabata, I., Ishii, N., & Miyachi, M. (2008). Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1926–1938. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318185f2b0>

Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., & Norton, L. E. (2014). Metabolic adaptation to weight loss: Implications for the athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11, 7. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-7>

Vispute, S. S., Smith, J. D., LeCheminant, J. D., & Hurley, K. S. (2011). The effect of abdominal exercise on abdominal fat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2559–2564.

Zabaleta-Korta, A., Fernández-Peña, E., Torres-Unda, J., et al. (2022, June 24). Regional hypertrophy: The role of exercise resistance profile in trained women (Version 1). *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1530884/v1>