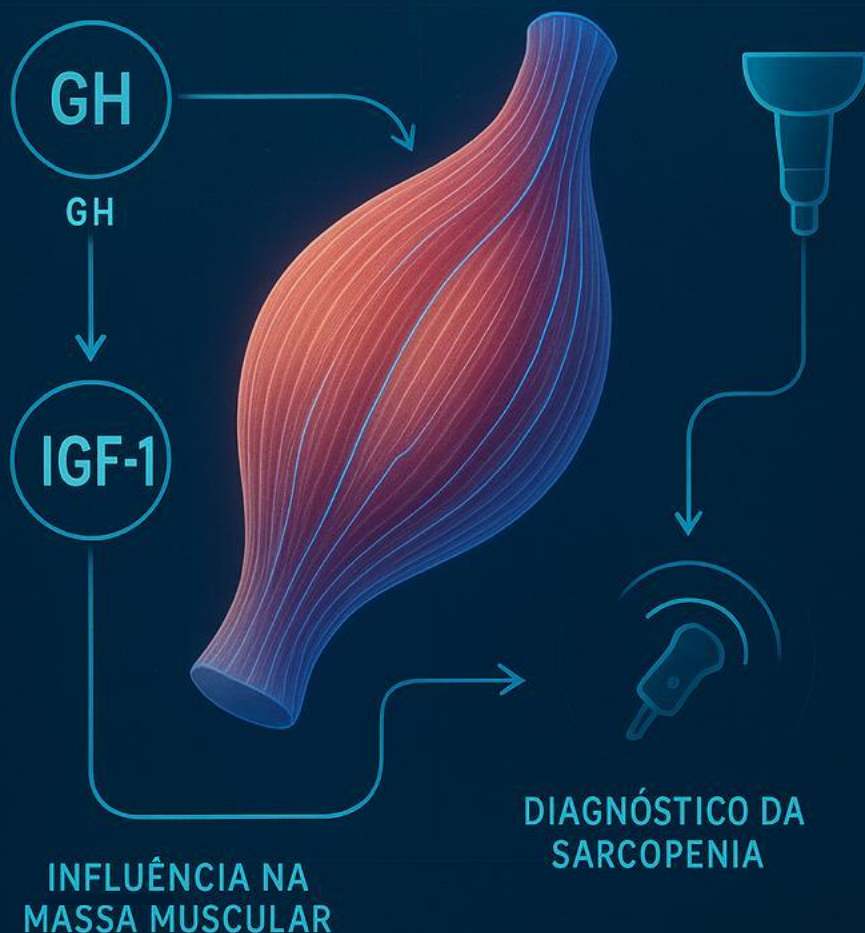


MÚSCULO & TEMPO

UMA ANÁLISE HORMONAL
E ULTRASSONOGRAFICA DA SARCOPENIA





Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

M985 Músculo e tempo [livro eletrônico]: uma análise hormonal e ultrassonográfica da sarcopenia/ Organizadores Adecarlo Fonzar Pegino Junior, Luís Felipe Sílio [et al.]. – Porto Velho: Centro Universitário São Lucas, 2025.
66 p.: il.

ISBN 978-85-99607-92-3 (PDF)

1. Sarcopenia 2. Músculo. 3. Medicina I. Título. II Pegino Junior, Adecarlo Fonzar.

CDU 616.74-002.23

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO À SARCOPENIA:
DEFINIÇÃO, IMPORTÂNCIA
CLÍNICA E DIAGNÓSTICO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO À SARCOPENIA: DEFINIÇÃO, IMPORTÂNCIA CLÍNICA E DIAGNÓSTICO ____

AUTORES: MARIA MIYUKI LINHARES DEGUCHI, ADECARLO FONZAR PEGINO JUNIOR, LUIS FELIPE SILIO e PALOMA SOUZA DA SILVA

Sarcopenia se trata de uma síndrome degenerativa que é caracterizada pela perda progressiva e generalizada de massa muscular esquelética, condição que leva ao declínio do desempenho físico, associada também a perda de força e risco aumentado de resultados adversos como incapacidade física, baixa qualidade de vida, morbidade e mortalidade. Nesse sentido, compreende-se que inicialmente descrita no contexto do envelhecimento, a sarcopenia também pode ocorrer em jovens sob condições clínicas, como imobilização, doenças crônicas, câncer e uso de fármacos catabólicos.

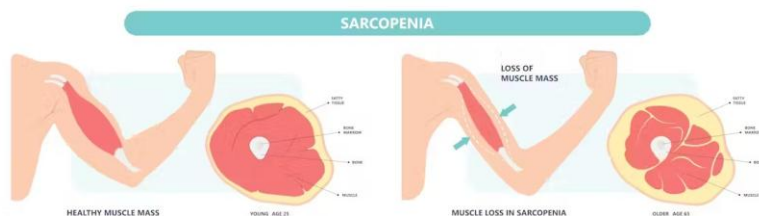
Diante do avanço da idade, analisa-se que se promovem alterações relevantes na composição corporal, como o aumento da gordura corporal e a diminuição de massa muscular, de tal modo que a massa muscular acomete 1/3 dos indivíduos acima de 50 anos e de 11 a 50% em pessoas com idade acima de 80 anos (Gomes, *et al*; 2025). Assim sendo, para o diagnóstico de sarcopenia, investigam-se variáveis para definição do quadro clínico apresentado, além da análise do aumento da taxa de prevalência dessa doença.

Nessa perspectiva, encontra-se que em 2018, um grupo europeu realizou um estudo sobre sarcopenia em idosos, fato que possibilitou enfatizar a importância da perda de força muscular como um indicador primário de provável sarcopenia.

Não obstante, compreende-se também que o músculo esquelético não é apenas o órgão motor, mas também é reconhecido como um órgão secretor secundário, com funções endócrinas influenciando diversos sistemas e preservando a saúde. Nesse viés, compete-se que a ultrassonografia muscular seja uma ferramenta acessível e não invasiva para mensuração de massa e qualidade muscular, como forma de avaliação para diagnosticar e tratar a patologia (Tagliafico, *et al*; 2022).

Dessa maneira, na atualidade o diagnóstico mais aceito para sarcopenia é baseado no *European Working Group on Sarcopenia in Older People 2* (EWGSOP 2), a qual caracteriza atualmente que o desenvolvimento da sarcopenia inicia-se antes do envelhecimento, possibilitando percepções com implicações para intervenções que previnam ou retardam o desenvolvimento da sarcopenia. Portanto, no momento, identifica-se assim a patologia como uma insuficiência muscular, na qual a baixa força muscular é o determinante principal para disparar o gatilho da investigação diagnóstica, ultrapassando a baixa massa muscular.

Figura 1. Imagem ilustrativa de um músculo saudável e outro com sarcopenia.



Fonte: Shutterstock, 2021.

Diante do exposto, prioriza-se a análise da força muscular como o principal critério, seguido por avaliação de massa e desempenho físico. Ferramentas como a Bioimpedância elétrica (BIA), Densitometria óssea (DXA), e a própria ultrassonografia, bem como outros exames de imagem, como Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM), que têm sido empregadas para medir a massa muscular de forma não invasiva. Além destes, podem ser utilizados também a Velocidade de Caminhada (VC) ou de Marcha (VM), sendo um indicativo central da saúde e para análise da evolução da doença.

Nesse sentido, a importância da sarcopenia se dá principalmente pela sua associação direta com quedas, fraturas, hospitalizações recorrentes e perda de autonomia funcional, representando um desafio de saúde pública, principalmente em populações com envelhecimento acelerado. Por conseguinte, vislumbra-se assim que as aplicações e resultados da tecnologia incluem uma mensuração da espessura muscular, área da secção transversal (CSA), arquitetura (ângulo de penetração e comprimento de fascículo) e ecogenicidade, tal que, neste livro, busca-se apresentar uma

atualização do conhecimento clínico sobre sarcopenia e as vantagens e limitações da avaliação ultrassonográfica.

Definição atual a partir do EWGSOP 2 _____

Como mencionado anteriormente, a sarcopenia se trata de uma “síndrome caracterizada por perda progressiva e generalizada e alterações da massa e força muscular esquelética” sendo essa perda da função principalmente associada à idade, ocorrendo em aproximadamente 6–22% dos adultos mais velhos (Chianca, *et al*; 2022). Diante dessa visão, para identificação da sarcopenia, leva-se em consideração baixa força muscular, baixa quantidade ou qualidade muscular e baixo desempenho físico, podendo ser associada a outras diversas condições patológicas, em indivíduos com menos de 65 anos.

O grupo europeu referido impôs como objetivo específico no seu segundo encontro construir uma melhor definição de sarcopenia, que ao encontro dos avanços recentes em conhecimento científico, epidemiológico e clínico sobre músculo, visou refletir e identificar as variáveis e ferramentas que melhor detectam a sarcopenia. Além dos exames já citados, foi recomendado o preenchimento do questionário SARC-F como forma de triar pacientes com sinais característicos de sarcopenia, sendo esse de fácil acesso a comunidade e em ambientes hospitalares pelo seu baixo custo e ampla aplicabilidade (Toledo, Horie; 2019).

Importância

clínica

Constata-se inicialmente que a sarcopenia aparece na história em 1994, em um workshop do Instituto Nacional do Envelhecimento, se tratando a priori de um fenômeno relacionado à idade caracterizado por um declínio dramático na massa corporal magra ao longo das décadas. Com a progressão do tempo, em 1977, um estudo avaliou a correlação entre a excreção de creatinina, com a medida da massa muscular, e o declínio na taxa metabólica basal, especialmente após os 40 anos, e foi apenas no ano de 2016 que a sarcopenia relacionada à idade foi incluída na Classificação Internacional de Doenças (CID-10-CM) com o código M62.84 (Tagliafico, *et al*; 2022).

Em consonância, observa-se que em 2021 existiam ao menos quatro grandes grupos de consenso publicando sobre sarcopenia, sendo eles o EWGSOP, o *European Society for Clinical Nutrition and Metabolism* (ESPEN-SIG), *International Working Group on Sarcopenia* (IWGS), e o *Asian Working Group for Sarcopenia* (AWGS), a qual ainda há falta de consenso mundial sobre a definição de sarcopenia. Assim sendo, por decorrência da falta de consenso e da adequação recente do diagnóstico nas diretrizes da CID, a definição mais amplamente aceita e usada de sarcopenia é do EWGSOP, que abrange não só a presença de baixa massa muscular quanto a baixa função muscular, como força e desempenho.

Diante dessa lógica, constatou-se que a sarcopenia pode ser altamente prevalente em 29–33% em populações que vivem na comunidade e indivíduos em cuidados de longo prazo, de modo que se destaca que a principal razão para o desenvolvimento da

sarcopenia primária é o próprio envelhecimento, que determina a piora das fibras musculares e até mesmo dos neurônios motores α , provavelmente devido a uma produção reduzida de hormônios esteroides sexuais e hormônio do crescimento. Por esse viés, a crescente descoberta e aprimoramento da concepção da sarcopenia, se faz necessário para seu entendimento, em relação a população mundial ser progressivamente mais idosa (World Health Organization, 2024).

Em concordância ao estudo desenvolvido por EWGSOP 2 (2018), encontra-se que o músculo esquelético não é apenas o órgão relacionado à mobilidade, mas também, estudos fisiológicos mais recentes o reconheceram como um órgão secretor secundário com funções endócrinas por meio do sistema de miocinas, sendo essas citocinas como a interleucina-6 e o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) que influenciam no metabolismo da glicose pelo fígado, na lipólise no tecido adiposo, na vitalidade das células beta pancreáticas e dos neurônios.

Nessa perspectiva, identifica-se que após a contração muscular, a produção de miocinas é importante para prevenir o desenvolvimento de um estado pró-inflamatório e desequilíbrio metabólico, iniciando sarcopenia e acúmulo de gordura, tal que pacientes com estilo de vida sedentário possuem sobrecarga de nutrientes resultando no acúmulo de gordura e consequente distúrbio no metabolismo dos adipócitos. Por conseguinte, o metabolismo desequilibrado dos

adipócitos determina a secreção de adipocinas, fato que ao desbalancear o valor secretado, interfere diretamente na homeostase metabólica, que afeta em doenças metabólicas e se relaciona com sua importância clínica.

Diagnóstico

Dessa forma, compete-se que em 2018, ocorreu o segundo encontro do EWGSOP, em busca de atualizar a definição original de sarcopenia, introduzindo também novos conhecimentos científicos e clínicos desenvolvidos em comparação aos últimos 10 anos da primeira reunião. Nesse sentido, com as novas atualizações, enfatizaram-se a importância da perda de força muscular como um indicador principal de provável sarcopenia, a qual ainda foi possível compreender que a sarcopenia pode ter um curso agudo e crônico.

Diante do exposto, a nova definição da sarcopenia pelo EWGSOP 2 é:

- Provável Sarcopenia: Baixa força muscular
- Sarcopenia: Baixa força muscular + baixa quantidade ou qualidade muscular
- Sarcopenia Grave: Baixa força muscular + baixa quantidade ou qualidade muscular + baixa performance física

Tabela 1. Novos pontos de corte, de acordo com a EWGSOP 2.

Teste	Pontos de corte (homens)	Pontos de corte (mulheres)
Handrip	< 27kg	< 16kg
Levantar da cadeira	>15 segundos para 5 subidas	

Massa muscular esquelética apendicular	< 20kg	< 15kg
Massa muscular esquelética apendicular/altura ²	< 7,0 kg/m ²	< 6,0 kg/m ²
Teste de caminhada	≤ 0,8 m/s	
<i>Short Physical Performance Battery</i> (SPPB)	Pontuação ≤ 8	
Teste <i>Timed Up and Go</i> (TUG)	≥ 20 s	
Teste caminhada de 400m	Não concluído ou ≥ 6 min para conclusão	

Fonte: Modificado de Toledo, Horie; 2019

Por esse viés, o objetivo do encontro foi facilitar a detecção precoce e garantir um tratamento melhorado da sarcopenia, de modo que na prática clínica, ainda se precede uma “fragilidade”, derivada de uma síndrome mais complexa, que por definição deve atender a três de cinco critérios, encontrados entre eles:

1. Baixa força de preensão;
2. Baixa energia;
3. Velocidade de caminhada reduzida;
4. Baixa aptidão para atividade física;
5. Perda de peso não intencional.

Identifica-se em um quadro que apresenta caquexia, um caso de sarcopenia secundária normalmente causada tanto pela perda de peso quanto pela desnutrição em doenças crônicas graves, como câncer, insuficiência cardíaca, doença renal e doença pulmonar obstrutiva. Assim sendo, caracteriza-se essa patologia como uma condição progressiva e global do músculo esquelético, tal que sua relevância clínica se dá justamente pela relação com maiores probabilidades do paciente acometido sofrer de eventos adversos, como quedas, fraturas, fragilidade física e até mortalidade (Toledo, Horie; 2019).

Analisa-se que na atualidade, dentre os testes de força de preensão e velocidade da marcha, esses podem ser considerados clinicamente disponíveis, sendo métodos simples e baratos, e sua massa muscular pode ser estimada principalmente através de técnicas radiológicas. Em contrapartida, no ano de 2021 foi possível identificar que a BIA, embora muito utilizada, possui desvantagens, especialmente em estados de desidratação ou hipoidratação, tal que algumas diferenças nas penetrações intracelulares e transcelulares entre gêneros e em indivíduos reduzem a consistência e a precisão dessa técnica, tornando essa uma medida não suficiente para o diagnóstico de sarcopenia (Tagliafico, *et al*; 2022).

Por esse viés, a BIA também pode determinar a massa livre de gordura e a água corporal total, mas não sua função ou estrutura muscular, tal que faz necessário uso de outros testes e ferramentas para caracterizar a sarcopenia na prática clínica, adquirir o diagnóstico correto, de modo que a escolha apropriada pode depender de vários fatores: relacionados ao paciente (deficiência, mobilidade), relacionados à técnica (disponibilidade de testes) ou relacionados à doença (necessidade de monitorar a progressão da doença, reabilitação e recuperação).

Principais Referências

Chew, S. **SARCOPENIA: CAUSES, CONSEQUENCES, PREVENTION AND TREATMENT.** Vol 4, 2018 . Acesso em: 25 mai. 2025.

Chianca, V., Albano, D., Messina, C. *et al.* **Sarcopenia: avaliação por imagem e aplicação clínica.** *Abdom Radiol* 47 , 3205–3216 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00261-021-03294-3>

Gomes ND, *et al.* **Prevalence of sarcopenia in elderly: gait speed as a predictive factor / Prevalência da sarcopenia em idosos: a velocidade de marcha como fator preditivo.** *Rev. Pesqui. (Univ. Fed. Estado Rio J., Online)*. 9º de maio de 2025 [citado 16º de maio de 2025];17:e-13487.

Tagliafico, AS, *et al.* **Sarcopenia: como medir, quando e por quê.** *Radiol med* 127 , 228–237 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11547-022-01450-3>

Toledo, D; Horie, LM; **Novo consenso europeu de definição e diagnóstico da sarcopenia.** SBNPE BRASPEN, 2019. Acesso em: 23 mai. 2025

World Health Organization. **Envelhecimento e saúde.** World Health Organization, 2024. Acesso em: 25 mai. 2025.

CAPÍTULO 2

FISIOLOGIA HORMONAL DO
MÚSCULO ESQUELÉTICO:
HORMÔNIOS ANABÓLICOS E
CATABÓLICOS

CAPÍTULO 2 – FISILOGIA HORMONAL DO MÚSCULO ESQUELÉTICO: HORMÔNIOS ANABÓLICOS E CATABÓLICOS

AUTORES: LUIS FELIPE SILIO, ADECARLO FONZAR PEGINO JUNIOR, MARIA MIYUKI LINHARES DEGUCHI e PALOMA SOUZA DA SILVA

A fisiologia hormonal estuda a produção, secreção, transporte, ação e regulação dos hormônios no organismo. Hormônios são mensageiros químicos sintetizados por glândulas endócrinas, que atuam à distância sobre tecidos-alvo, regulando uma ampla gama de funções biológicas — como crescimento, metabolismo, equilíbrio hidroeletrolítico e, especialmente neste contexto, a manutenção e modulação da massa muscular esquelética.

A ação hormonal sobre o músculo esquelético depende da natureza do hormônio (anabólico ou catabólico), da sensibilidade dos receptores e da interação com outras vias sinalizadoras locais e sistêmicas.

Os hormônios atuam por meio da ligação a **receptores específicos**, que desencadeiam **cascatas de sinalização intracelular**. Os principais mecanismos de ação, segundo o livro *Lange Endocrinologia Clínica*, são:

1. Receptores nucleares (ação genômica)

- **Hormônios lipofílicos**, como a **testosterona** e o **estradiol**, atravessam a membrana plasmática e se ligam a receptores intracelulares (nucleares ou citoplasmáticos).

- O complexo hormônio-receptor atua diretamente no DNA, promovendo ou inibindo a **transcrição de genes** associados à síntese de proteínas estruturais e funcionais do músculo.
- Exemplo: A testosterona estimula a expressão de genes envolvidos na síntese de proteínas contráteis (como a actina e a miosina), promovendo hipertrofia muscular.

2. Receptores de membrana com ação via segundos mensageiros

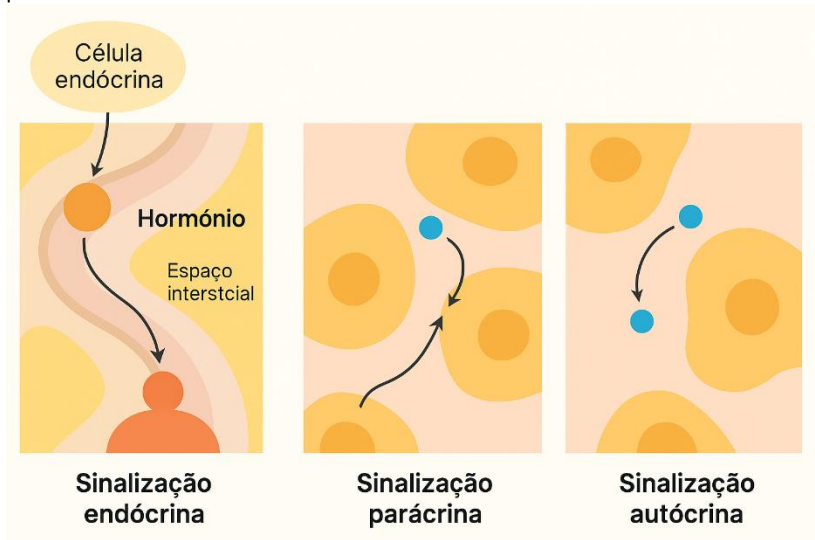
- **Hormônios hidrofílicos**, como o **hormônio do crescimento (GH)** e o **IGF-1**, ligam-se a receptores na membrana plasmática.
- Essa ligação ativa cascatas de sinalização, como a **via JAK/STAT** (para GH) e a **via PI3K/Akt/mTOR** (para IGF-1), fundamentais para a síntese proteica e regeneração muscular.
- O IGF-1, por exemplo, estimula a proliferação de células satélite e a hipertrofia por meio da ativação da mTOR, regulando diretamente a síntese proteica.

3. Modulação da expressão de genes catabólicos

- Hormônios catabólicos como o **cortisol** atuam inibindo vias anabólicas e ativando genes relacionados à proteólise muscular, principalmente via ativação do sistema ubiquitina-proteassoma.
- A miostatina, um membro da família TGF- β , também atua como regulador negativo da massa muscular,

inibindo a proliferação e diferenciação de células musculares.

Figura 2. Mecanismos de ação hormonais. Dependendo do local onde os hormônios exercem seus efeitos, eles podem ser classificados em mediadores endócrinos, parácrinos e autócrinos.



Fonte: Modificado de Molina, 2019.

Ação Hormonal no Músculo Esquelético

O músculo esquelético é um tecido altamente sensível à regulação hormonal. Hormônios anabólicos e catabólicos modulam a massa muscular por meio de alterações na síntese e degradação de proteínas, proliferação de células satélite, metabolismo energético e resposta ao estresse físico.

a) Hormônios Anabólicos

Os hormônios anabólicos promovem **síntese proteica**, **hipertrofia** e **regeneração muscular**, favorecendo o

crescimento e manutenção do tecido muscular. Entre os principais:

- **Testosterona:** Atua via receptores nucleares androgênicos, aumentando a expressão de genes ligados à síntese de proteínas contráteis e à proliferação de células satélite. Promove aumento da força e volume muscular.
- **Hormônio do Crescimento (GH):** Estimula a produção hepática e tecidual de IGF-1, com efeito indireto anabólico sobre o músculo. Atua na via JAK2/STAT5 e aumenta a captação de aminoácidos e síntese de proteínas musculares.
- **IGF-1 (Fator de Crescimento Insulínico tipo 1):** Atua diretamente no músculo via receptores de membrana, ativando as vias PI3K/Akt/mTOR e MAPK. Estimula a hipertrofia, proliferação de células satélite e inibe a proteólise.
- **Insulina:** Além de seu papel metabólico, tem função anabólica no músculo ao ativar a via PI3K/Akt, promovendo síntese proteica e inibição da degradação proteica.

b) Hormônios Catabólicos

Os hormônios catabólicos estimulam a **proteólise muscular**, principalmente em estados de estresse, jejum, trauma ou doença crônica.

- **Cortisol:** Principal glicocorticoide catabólico, ativa a transcrição de genes ligados ao sistema ubiquitina-proteassoma, promovendo degradação proteica. Inibe

a síntese de proteínas musculares e pode levar à atrofia muscular em excesso.

- **Miostatina:** Inibidor endógeno do crescimento muscular, atua negativamente sobre a via Akt/mTOR, suprimindo a proliferação de mioblastos. Níveis elevados estão associados à sarcopenia e distrofias musculares.

c) Interação Hormonal e Plasticidade Muscular

O equilíbrio entre hormônios anabólicos e catabólicos é essencial para a homeostase muscular. A plasticidade do músculo esquelético permite adaptações funcionais rápidas a estímulos hormonais, especialmente em resposta ao exercício físico, restrição energética e envelhecimento.

Além disso, a sensibilidade hormonal no músculo depende da densidade de receptores, da disponibilidade de coativadores nucleares e do estado metabólico do organismo, sendo modulada por fatores como inflamação, resistência à insulina, eixos neuroendócrinos e composição corporal.

A manutenção da massa muscular esquelética depende de um equilíbrio entre processos anabólicos e catabólicos, regulados por sinais hormonais sistêmicos e fatores locais.

Hormônios anabólicos:

- Testosterona: estimula a síntese proteica muscular por meio da ativação do receptor androgênico.
- Hormônio do crescimento (GH) e IGF-1: promovem hipertrofia e proliferação de células satélites.
- Insulina: atua como facilitadora da captação de aminoácidos e glicose, além de inibir vias catabólicas.

Hormônios catabólicos:

- Cortisol: estimula a proteólise por meio da via ubiquitina-proteassoma.
- Miostatina: membro da família TGF- β , inibe diretamente a hipertrofia e a proliferação de células musculares.

Resposta Neuroendócrina ao Exercício _____

O exercício físico, especialmente quando vigoroso ou prolongado, representa um estressor fisiológico que desencadeia uma complexa resposta neuroendócrina. Essa resposta visa manter a homeostase, ajustar o metabolismo energético e promover adaptações estruturais e funcionais nos sistemas cardiovascular, muscular e imunológico.

a) Eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenal (HHA)

Durante o exercício, o hipotálamo secreta o hormônio liberador de corticotropina (CRH), estimulando a hipófise anterior a liberar ACTH, que por sua vez promove a liberação de cortisol pelas adrenais. O **cortisol** tem papel fundamental na mobilização de substratos energéticos, aumentando a gliconeogênese hepática, a lipólise e a degradação de proteínas musculares.

- Em exercícios de longa duração ou alta intensidade, o cortisol permanece elevado, podendo gerar efeitos catabólicos no músculo esquelético se sua produção for cronicamente aumentada.

b) Eixo Hipotálamo-Hipófise-Gonadal (HHG)

O exercício intenso e/ou prolongado pode suprimir temporariamente o eixo HHG, reduzindo os níveis circulantes de **testosterona**, especialmente em atletas submetidos a overtraining ou em estados de estresse energético.

Por outro lado, o treinamento de força, particularmente com alta carga e volume, pode aumentar agudamente os níveis de testosterona e de **hormônio luteinizante (LH)**, promovendo um ambiente anabólico.

c) Hormônio do Crescimento (GH) e IGF-1

O exercício físico estimula de forma robusta a liberação de **GH**, principalmente durante atividades anaeróbias, como musculação e sprints. O GH promove lipólise e estimula a liberação de **IGF-1**, que atua como mediador anabólico no músculo, induzindo síntese proteica e proliferação de células satélite.

- A resposta do GH ao exercício está relacionada à intensidade, duração, tipo de exercício e estado nutricional.

d) Adrenalina e Noradrenalina

A **atividade simpática** é ativada já nos primeiros minutos de exercício. A adrenalina (liberada pela medula adrenal) e a noradrenalina (liberada por terminações simpáticas) aumentam a frequência cardíaca, pressão arterial, broncodilatação e promovem mobilização de glicogênio hepático e muscular.

- A ativação β -adrenérgica no músculo esquelético contribui para maior entrega de oxigênio e nutrientes, além de facilitar a contratilidade.

e) Resposta da Insulina e Glucagon

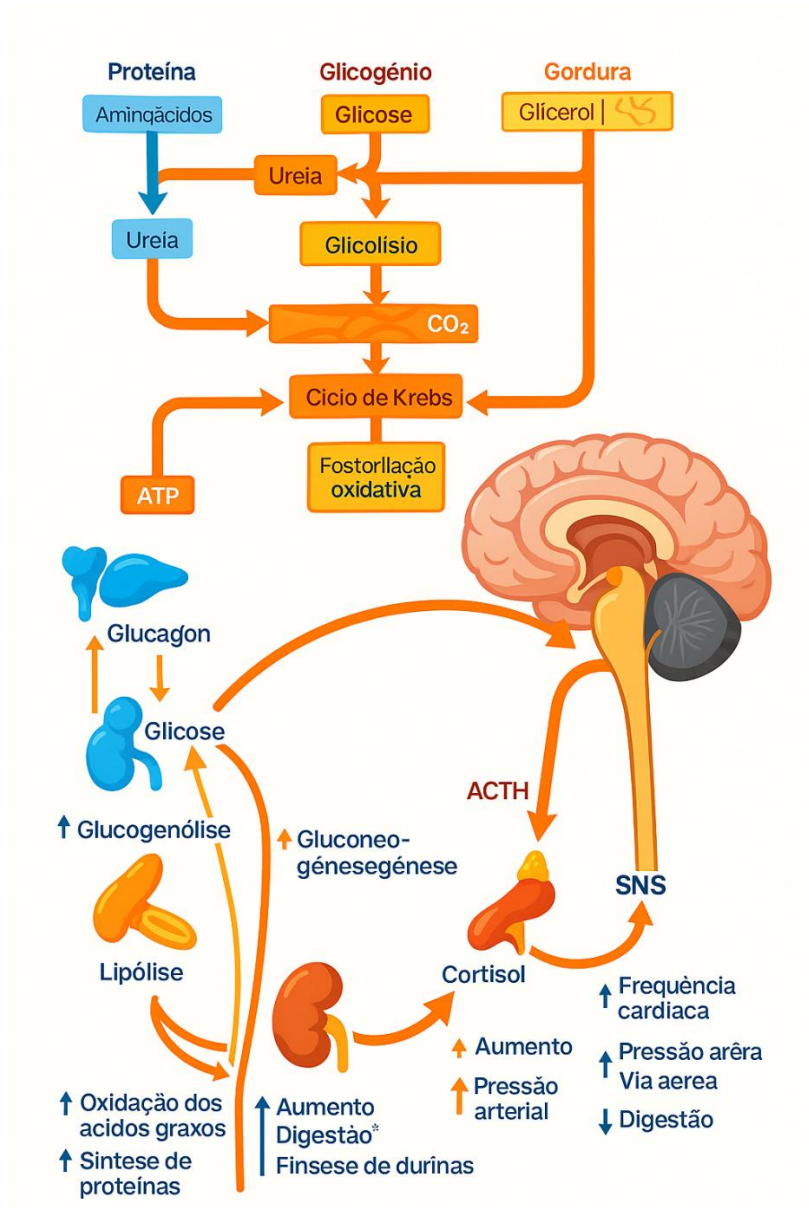
Durante o exercício, ocorre uma **supressão da insulina** e aumento do **glucagon**, promovendo maior liberação de glicose hepática e lipólise. A captação de glicose pelo músculo esquelético é aumentada independentemente da insulina, por meio da translocação do transportador GLUT-4, estimulada pela contração muscular.

f) Fatores Mio gênicos e Citocinas Musculares (Mioquinas)

O músculo esquelético atua como um órgão endócrino, liberando **mioquinas** durante a contração, como a **IL-6**, **IL-15** e o próprio IGF-1 local. A IL-6, por exemplo, tem efeito duplo: promove mobilização de substratos e, em certos contextos, estimula o eixo HHA.

Essas substâncias participam da regulação metabólica, da regeneração muscular e da comunicação com tecidos distantes como fígado, tecido adiposo e sistema imunológico.

Figura 2. Resposta neuroendócrina ao exercício.



Fonte: Modificado de Molina, 2019.

Considerações Finais

A resposta neuroendócrina ao exercício é uma complexa interação hormonal altamente integrada e específica, que varia de acordo com o tipo, intensidade, duração do exercício e o estado fisiológico individual. Esse processo orquestrado hormonalmente não só apoia o desempenho físico durante a atividade, mas também desempenha um papel crucial na regulação dos processos de recuperação pós-exercício, reparo tecidual e adaptação crônica ao treinamento, permitindo uma melhor resposta ao estresse físico e promovendo adaptações benéficas ao longo do tempo.

Principais Referências

CLEMMONS, D. R. Involvement of insulin-like growth factor-I in the control of glucose homeostasis. **Molecular and Cellular Endocrinology**, [s.l.], v. 252, n. 1-2, p. 44-50, 2006.

GLASS, D. J. Skeletal muscle hypertrophy and atrophy signaling pathways. **Physiological Reviews**, [s.l.], v. 85, n. 4, p. 1201-1248, 2005.

MCARDLE WD, KATCH FI, KATCH VL. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2016.

MOLINA PE. **Fisiologia Endócrina**. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2019. (Série Lange de Medicina).

POWERS SK, HOWLEY ET. **Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho**. 9ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2021.

VELLOSO, C. P. Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I. **British Journal of Pharmacology**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 249-254, 2008.

CAPÍTULO 3

HORMÔNIOS E SARCOPENIA:
INTERAÇÕES ENDÓCRINAS NO
ENVELHECIMENTO MUSCULAR

CAPÍTULO 3 – HORMÔNIOS E SARCOPENIA: INTERAÇÕES ENDÓCRINAS NO ENVELHECIMENTO MUSCULAR

AUTORES: PALOMA SOUZA DA SILVA, ADECARLO FONZAR PEGINO JUNIOR,
LUIS FELIPE SILIO e MARIA MIYUKI LINHARES DEGUCHI

Como revisado anteriormente, a sarcopenia é uma condição multifatorial caracterizada pela perda progressiva e generalizada da massa e da função do músculo esquelético, classificada como primária, quando relacionada ao envelhecimento, ou secundária, quando associada a influências do desenvolvimento na vida precoce, desnutrição, imobilização prolongada, sedentarismo ou tratamentos específicos. Por essa lógica, analisa-se que por se tratar de uma síndrome complexa e multifacetada, muitas vezes não é possível distingui-la claramente como primária ou secundária (LENCHIK, BOUTIN, 2018).

Denota-se nesse sentido, que os mecanismos fisiopatológicos ainda não estão completamente elucidados, mas envolvem uma interação intrincada entre fatores genéticos, desregulação hormonal, deficiências nutricionais, redução da atividade física, processos inflamatórios crônicos e condições de caquexia associadas a doenças crônicas ou neoplasias (ALI; GARCIA, 2014). Desse modo, a priori, sabe-se que os hormônios desempenham papel central no crescimento, desenvolvimento e manutenção da integridade do tecido muscular ao longo da vida, relacionado tanto a estados de deficiência quanto de

excesso hormonal, que podem impactar de forma significativa a estrutura e a função muscular (VELDHUIS et al., 2004).

Com o envelhecimento, ocorrem alterações substanciais no eixo endócrino que regulam esses processos, tal que indivíduos idosos apresentam um padrão de secreção hormonal mais irregular, acompanhado de uma diminuição na sensibilidade e na eficácia dos receptores hormonais. Essas alterações resultam em respostas fisiológicas menos eficientes, mesmo na presença dos hormônios circulantes. Entre as mudanças endócrinas mais relevantes observadas com a idade estão a menopausa, a andropausa, a adrenopausa e a somatopausa — esta última marcada pela redução progressiva da secreção do hormônio do crescimento (GH) (LAMBERTS, 1997).

Nessa perspectiva, entende-se que a menopausa, a andropausa, a adrenopausa e a somatopausa são eventos fisiológicos associados ao envelhecimento e refletem o declínio progressivo na produção de hormônios sexuais e adrenocorticais. A menopausa refere-se à cessação permanente da menstruação, resultante da falência ovariana e da queda abrupta na produção de estrogênios e progesterona, sendo um marco hormonal significativo na vida da mulher. Já a andropausa, embora mais gradual, caracteriza-se pela diminuição dos níveis de testosterona nos homens, acompanhada por alterações na espermatogênese, libido, composição corporal e desempenho físico (LENCHIK, BOUTIN, 2018).

A adrenopausa, por sua vez, corresponde à redução da produção de andrógenos adrenais — especialmente a desidroepiandrosterona (DHEA) e seu sulfato (DHEA-S) — hormônios esses que possuem função anabólica e imunomoduladora. Assim sendo, percebe-se que essas transições hormonais contribuem de maneira importante para alterações na composição do corpo, incluindo a perda de massa magra e o aumento da gordura corporal, além de influenciarem o metabolismo, o humor e a saúde óssea e muscular dos indivíduos idosos.

Diante do exposto, constata-se que nas últimas décadas, diversos estudos têm demonstrado que o declínio fisiológico dos hormônios anabólicos — especialmente GH, IGF-1, andrógenos e estrógenos — estão fortemente relacionados com a perda de massa e função muscular em idosos, constituindo um dos principais mecanismos endócrinos associados à sarcopenia (SACHECK et al., 2004). Essa redução de níveis séricos de GH e IGF-1 na senescência compromete diretamente os processos anabólicos responsáveis pela manutenção da musculatura esquelética, tanto que essa queda hormonal intensifica a vulnerabilidade aos efeitos catabólicos de outros hormônios, como os glicocorticoides e os hormônios tireoidianos.

Nesse viés, a exposição crônica aos glicocorticoides favorece a degradação proteica muscular, processo que pode ser agravado pela ação da triiodotironina (T3), cuja atividade metabólica elevada acelera a perda de massa muscular. Por outro lado,

hormônios anabólicos como insulina e IGF-1 exercem efeito protetor, atenuando essa degradação (HALL, 2021). Dessa forma, a redução dos níveis de GH e IGF-1 em indivíduos idosos contribui para a sarcopenia de maneira dupla: por um lado, limitando os estímulos anabólicos necessários para a síntese e manutenção muscular; por outro, reduzindo a capacidade de neutralizar os efeitos catabólicos de hormônios como os glicocorticoides, a qual essa disfunção hormonal combinada, representa portanto, um elo importante entre o envelhecimento e a perda funcional do sistema músculo-esquelético.

Glicocorticoides e a Sarcopenia _____

Entende-se previamente que a zona fasciculada, localizada na porção média e mais extensa do córtex adrenal, é a principal responsável pela secreção dos glicocorticoides, notadamente o cortisol e a corticosterona, de modo que a produção desses hormônios é regulada predominantemente pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), por meio da ação do hormônio adrenocorticotrópico (ACTH). Sendo, por conseguinte, entre os glicocorticoides, o cortisol — também conhecido como hidrocortisona — o principal representante, tal que é expressado em aproximadamente 95% da secreção total (NAVARRO, 2001).

Os glicocorticoides desempenham funções metabólicas essenciais à sobrevivência, promovendo a gliconeogênese, reduzindo a captação e utilização de glicose pelas células, elevando a produção de proteínas hepáticas e plasmáticas,

aumentando os níveis de aminoácidos circulantes e diminuindo seu transporte para os tecidos extra-hepáticos. Essas ações resultam na ativação dos hepatócitos e na mobilização de ácidos graxos, além de conferirem propriedades anti-inflamatórias, a qual no entanto, a maioria dessas funções é de natureza catabólica, contribuindo para a degradação de tecidos, incluindo o músculo esquelético.

Por esse viés, a ação catabólica dos glicocorticoides sobre o tecido muscular é particularmente evidente nas fibras do tipo II, que são fundamentais para a geração de força e potência muscular (HEANEY; PHILLIPS; CARROLL, 2010). Não obstante, esses hormônios suprimem a secreção fisiológica do hormônio do crescimento (GH) e reduzem a atividade do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) nos tecidos-alvo, comprometendo ainda mais o ambiente anabólico e favorecendo a perda muscular (SACHECK, J. M. et al. 2004).

Diante dessa perspectiva, modelos experimentais em roedores demonstraram que a inibição da enzima glutamina sintetase pode atenuar os efeitos catabólicos induzidos pelos glicocorticoides, o que reforça a relevância desse eixo na fisiopatologia da sarcopenia. Esses achados contribuem para explicar como os glicocorticoides participam do envelhecimento muscular, considerando que indivíduos idosos frequentemente apresentam níveis elevados desses hormônios ou maior sensibilidade às suas concentrações fisiológicas.

Adicionalmente, o processo de envelhecimento está associado a modificações funcionais do eixo HPA. A exposição crônica e

cumulativa a estressores ao longo da vida, somada à diminuição da capacidade de autorregulação do eixo, pode resultar em uma secreção prolongada ou desregulada de glicocorticoides, tal que esse desbalanço hormonal, por sua vez, favorece a progressão da sarcopenia.

Hormônio do Crescimento (GH), IGF-1 e a Sarcopenia ____

Em análise ao hormônio do crescimento (GH), compreende-se que este é produzido pelas células somatotrópicas da adenohipófise, a porção anterior da glândula hipófise, sob regulação do hipotálamo por meio da ação coordenada do hormônio liberador do GH (GHRH) e da somatostatina, esta última com efeito inibitório sobre sua liberação. Diferentemente de outros hormônios hipofisários que atuam principalmente sobre glândulas endócrinas periféricas, o GH exerce efeitos diretos em diversos tecidos-alvo, além de estimular a síntese de fatores de crescimento, notadamente o fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1), também conhecido como somatomedina C.

Dentre as funções do GH destacam-se o estímulo ao crescimento ósseo e cartilaginoso, a promoção da síntese proteica nos tecidos, a mobilização de ácidos graxos como fonte energética, a redução da utilização de carboidratos e o aumento da massa magra. Dessa forma, grande parte dessas ações é mediada de forma indireta pelos IGFs, cuja produção ocorre predominantemente no fígado e, em menor escala, em outros tecidos, em resposta à estimulação pelo GH (HALL; HALL, 2021).

Compreende-se que com o avanço da idade, ocorre um declínio progressivo nos níveis circulantes de GH e IGF-1, fenômeno denominado somatopausa, tal que essa queda é apontada como um dos fatores determinantes no desenvolvimento da sarcopenia. Além da diminuição na secreção hipofisária, há modificações no controle hipotalâmico, como a menor responsividade da hipófise à GHRH e o aumento da atividade inibitória da somatostatina. Essas alterações no eixo GH/IGF-1 contribuem para a perda gradual de massa muscular associada ao envelhecimento.

Os níveis plasmáticos de IGF-1 se elevam durante a puberdade, atingem um pico e, posteriormente, declinam de forma contínua com o envelhecimento, podendo atingir concentrações semelhantes às observadas em indivíduos com deficiência de GH. Em contraponto, para que essa redução esteja diretamente relacionada à queda dos níveis de GH, há evidências de que a síntese, liberação e ação do IGF-1 também sejam moduladas por fatores adicionais, como o estado nutricional, os níveis de insulina, os esteroides gonadais e as proteínas ligadoras de IGF-1 (IGFBPs). Assim, a diminuição do IGF-1 com a idade resulta não apenas da redução do GH, mas também de alterações metabólicas e sistêmicas inerentes ao processo de senescência.

Adultos com deficiência de GH tendem a apresentar maior acúmulo de tecido adiposo, especialmente na região central, e menor quantidade de massa magra em comparação com indivíduos pareados por idade. Esse conjunto de evidências

reforça a importância fundamental do eixo GH/IGF-1 na manutenção da massa e da função muscular ao longo da vida. Sua disfunção no envelhecimento constitui um dos principais mecanismos endócrinos implicados na fisiopatologia da sarcopenia.

Andrógenos e a Sarcopenia

Os andrógenos, principais hormônios sexuais masculinos, são produzidos pelas células intersticiais de Leydig nos testículos, destacando-se entre eles a testosterona, a di-hidrotestosterona (DHT) e a androstenediona. Nessa perspectiva, compreende-se que a testosterona exerce múltiplas funções fisiológicas, incluindo o desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas, como a distribuição dos pelos corporais, o espessamento da voz, o crescimento ósseo e a retenção de cálcio. Além disso, promove o aumento da taxa metabólica basal, estimula a eritropoiese, favorece a síntese proteica e contribui para o aumento do volume muscular (HALL; HALL, 2021).

Diante desse cenário, vislumbra-se que grande parte dos efeitos fisiológicos da testosterona deve-se à sua capacidade de estimular a síntese de proteínas nas células-alvo, conferindo-lhe um papel anabólico significativo. Não obstante, há evidências de que a testosterona exerce ação anticatabólica, ao antagonizar os efeitos dos glicocorticoides, o que contribui para a preservação da massa muscular esquelética. Essa propriedade fundamenta o uso clínico e, por vezes, indevido de derivados

sintéticos dos andrógenos como agentes ergogênicos, visando o aumento da força e da hipertrofia muscular.

Ao avaliar estudos em modelos animais e humanos, encontra-se uma demonstração de correlação consistente entre os níveis séricos de testosterona e a massa e força muscular. Mecanicamente, os andrógenos promovem o aumento da síntese de proteínas musculares, a elevação da expressão do RNAm intramuscular para IGF-1 e a inibição das proteínas ligadoras do IGF-1 (IGFBPs), favorecendo assim sua ação local (NAVARRO, A., 2001). Essa interação entre testosterona e IGF-1 no tecido muscular tem ganhado crescente destaque, especialmente no contexto da manutenção da massa muscular durante o envelhecimento.

Assim sendo, identifica-se que a testosterona também desempenha um papel fundamental na ativação das células satélite, que são essenciais para os processos de regeneração e hipertrofia muscular. Ela estimula tanto a proliferação quanto a diferenciação dessas células, contribuindo para o crescimento e a reparação do tecido muscular (CULIG, Z., 2015), a qual em estudos longitudinais e transversais demonstram que os níveis séricos de testosterona diminuem progressivamente com o avanço da idade.

Nesse sentido, estima-se que cerca de 50% dos homens saudáveis entre 50 e 70 anos apresentam níveis biodisponíveis de testosterona inferiores aos valores de referência encontrados em homens jovens entre 20 e 40 anos. Essa redução está frequentemente associada a elevações

compensatórias das gonadotrofinas, indicando possível disfunção tanto no eixo hipotálamo-hipófise quanto na atividade testicular. Dessa maneira, o declínio androgênico observado com o envelhecimento representa um fator hormonal de grande relevância na fisiopatologia da sarcopenia, contribuindo significativamente para a redução da massa e da força muscular em indivíduos idosos.

Dehidroepiandrosterona e a Sarcopenia _____

A zona reticular do córtex adrenal, camada mais profunda dessa glândula, é responsável pela secreção dos andrógenos suprarrenais, principalmente a dehidroepiandrosterona (DHEA) e a androstenediona, além de pequenas quantidades de estrógenos e alguns glicocorticoides. A liberação desses hormônios é regulada predominantemente pela adrenocorticotrofina (ACTH), embora existam indícios de que outros fatores, como a hormona cortical estimuladora de andrógenos secretada pela hipófise, também participem desse controle, cujos mecanismos ainda não estão completamente compreendidos (HALL; HALL, 2021).

Por esse viés, a DHEA atua principalmente como um precursor na biossíntese de esteroides sexuais, sendo convertida periféricamente em hormônios biologicamente ativos, como a testosterona e a di-hidrotestosterona, ocorrendo assim por causa que sua atividade androgênica direta é mínima. Em contrapartida, os níveis séricos de DHEA apresentam um declínio acentuado com o envelhecimento, que tem sido

associado a alterações na composição corporal — sobretudo em homens.

Assim sendo, estudos como os Abbasi, et al. (1988), demonstram correlações entre as concentrações de DHEA e a proporção entre massa magra e gordura corporal. Desse modo, percebe-se que essas alterações no perfil hormonal adrenal relacionadas ao envelhecimento contribuem para um ambiente endócrino menos favorável nos idosos, favorecendo a perda de massa muscular e de função física, características marcantes da sarcopenia.

Estrógenos e a Sarcopenia

Encontra-se, a priori, que os estrógenos são hormônios esteroides sexuais predominantemente femininos, tal que em mulheres não gestantes, sua principal fonte de produção são os ovários, com contribuição menor da córtex suprarrenal, que difere do período gestacional, onde a placenta assume um papel importante na secreção desses hormônios. No plasma feminino, destacam-se três formas biologicamente relevantes: o β -estradiol, a estrona e o estriol, tanto que dentre esses, o β -estradiol é o mais potente, apresentando atividade estrogênica aproximadamente doze vezes superior à da estrona e oitenta vezes maior que a do estriol (HALL; HALL, 2021).

A principal função dos estrógenos é estimular a proliferação celular e o crescimento dos tecidos dos órgãos sexuais femininos e estruturas associadas à reprodução, entretanto,

esses hormônios também desempenham diversos efeitos sistêmicos, estimulando a atividade osteoblástica — que promovem a fusão precoce das epífises com as diáfises ósseas — contribuindo para um discreto aumento das proteínas corporais totais, favorecendo o crescimento ósseo e de tecidos em geral. Além disso, elevam levemente a taxa metabólica basal, promovem o acúmulo de gordura no tecido subcutâneo e influenciam características fenotípicas como distribuição de pelos, textura da pele e regulação do equilíbrio hidroelétrico durante a gestação.

Em relação ao tecido muscular, os estrógenos apresentam efeito anabólico, ainda que parte dessa ação possa ocorrer indiretamente, por meio da conversão periférica de testosterona. Tanto os estrógenos quanto a testosterona são capazes de inibir a expressão de citocinas inflamatórias catabólicas, como as interleucinas 1 e 6, contribuindo assim para a preservação da massa muscular. Com o envelhecimento, a queda nos níveis desses hormônios pode favorecer um ambiente inflamatório e catabólico no tecido muscular, o que está associado ao desenvolvimento da sarcopenia.

Adicionalmente, os estrógenos parecem exercer influência positiva sobre a musculatura esquelética ao modular a secreção do hormônio do crescimento (GH) e participar da sinalização do eixo IGF-1, ambos essenciais para o anabolismo muscular. A menopausa, caracterizada por uma queda abrupta dos níveis estrogênicos, está associada a alterações na composição corporal e à redução da força muscular, embora ainda não

esteja totalmente esclarecido se essas mudanças decorrem unicamente da alteração hormonal ou se também refletem modificações no estilo de vida. Até o momento, as evidências sobre a eficácia da terapia de reposição estrogênica na recuperação da massa e força muscular em mulheres pós-menopáusicas ainda são limitadas.

Hormônios tireoidianos e a Sarcopenia _____

As glândulas tireoidianas produzem dois hormônios não esteroides fundamentais para a regulação do metabolismo sistêmico: a triiodotironina (T3) e a tiroxina (T4), além da calcitonina, que participa da regulação do metabolismo do cálcio. Esses hormônios compartilham diversas funções metabólicas essenciais, incluindo o estímulo à síntese de proteínas e enzimas, o aumento no número e tamanho das mitocôndrias, a intensificação da captação de glicose pelas células e a ativação de vias como a glicólise e a gliconeogênese, além de promover a mobilização de lipídios, elevando a disponibilidade de ácidos graxos livres para a oxidação.

A secreção desses hormônios é regulada pela tirotropina (TSH), liberada pela hipófise anterior, a qual sua concentração aumenta durante o exercício físico, o que evidencia a integração funcional entre o eixo hipotálamo-hipófise-tireoide e a atividade muscular. Em análise específica, observa-se que a T3 exerce seus efeitos por meio de receptores nucleares pertencentes à mesma super família dos receptores de hormônios esteroides, que formam complexos com o DNA para modular a transcrição gênica.

O músculo esquelético representa um dos principais alvos das ações dos hormônios tireoidianos, há evidências consistentes de que o hipotireoidismo está associado a alterações musculares significativas, como fraqueza, intolerância ao exercício e fadiga, frequentemente decorrentes de disfunções mitocondriais e da redução da capacidade de fosforilação oxidativa. Em uma pesquisa de O'Leary, et al. (2006), nota-se que, em indivíduos com hipotireoidismo, os níveis do fator de transcrição mitocondrial tipo A (TFAM) — fundamental para a biogênese mitocondrial — estão reduzidos no tecido muscular, o que compromete a geração de energia e, por consequência, a função muscular.

Com o avanço da idade, observa-se um aumento na prevalência de disfunções tireoidianas, em especial do hipotireoidismo subclínico, de maneira que essas alterações endócrinas podem contribuir para déficits neuromusculares, favorecendo a perda funcional da musculatura esquelética em idosos. A reposição hormonal no hipotireoidismo clínico tem se mostrado eficaz na melhora da função muscular, porém, a associação entre o hipotireoidismo subclínico e parâmetros como massa, força e qualidade muscular permanece incerta. Em contrapartida, estudos recentes de Moon, et al. (2010) sugerem que essa forma leve da disfunção tireoidiana tem impacto limitado sobre o desenvolvimento da sarcopenia em idosos, é imprescindível a realização de mais pesquisas para esclarecer definitivamente essa relação.

O Músculo Esquelético como Órgão Endócrino: Implicações na Sarcopenia

Desse modo, o músculo esquelético era tradicionalmente reconhecido por sua função mecânica na locomoção, hoje é reconhecido como um órgão endócrino ativo, ele secreta uma variedade de citocinas e peptídeos biologicamente ativos, conhecidos como miocinas, que atuam por vias autócrinas, parácrinas e endócrinas, desempenhando papel fundamental na regulação da homeostase metabólica e na comunicação interorgânica. Nesse sentido, entre as miocinas mais investigadas destacam-se a interleucina-6 (IL-6), o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), a irisina, o fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) e o fator de crescimento de fibroblastos 21 (FGF21) (KAJI, H., 2016).

A contração muscular estimula a liberação dessas miocinas, que desempenham funções cruciais, como a modulação do metabolismo da glicose hepática, a indução da lipólise no tecido adiposo, o suporte à função das células β -pancreáticas e a promoção da saúde neuronal. Adicionalmente, essas substâncias têm ação anti-inflamatória, ajudando a neutralizar o ambiente pró-inflamatório promovido por adipocinas produzidas pelo tecido adiposo — especialmente em contextos de sedentarismo e superalimentação.

Por essa lógica, com o envelhecimento, ocorre um declínio progressivo na massa e na função muscular, característico da sarcopenia, que está diretamente relacionado à redução na produção e secreção de miocinas. Essa diminuição prejudica a

comunicação endócrina do músculo com outros sistemas, contribuindo para desregulações metabólicas e inflamatórias. Há evidências de que a menor secreção de miocinas favorece um estado inflamatório crônico, promovendo o acúmulo de gordura visceral e aumentando a suscetibilidade a condições como doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, câncer, demência e depressão — um conjunto patológico frequentemente referido como "doença da inatividade física".

Não obstante, a sarcopenia está associada a modificações qualitativas no tecido muscular, como a substituição progressiva das fibras do tipo II (de contração rápida) por fibras do tipo I (de contração lenta), acúmulo de gordura intramuscular (mioesteatose) e disfunções na sinalização neuromuscular, incluindo perda de unidades motoras e processos de desmielinização axonal. Esses fatores contribuem para uma menor capacidade de secreção de miocinas, agravando ainda mais o declínio funcional (CICILIOT, S. et al., 2013).

Diante desse contexto, é plausível propor que a perda de massa muscular e a subsequente redução na secreção de miocinas estabeleçam um ciclo vicioso, no qual a atrofia muscular reduz a sinalização endócrina benéfica, agravando a sarcopenia e suas comorbidades associadas. Em contraponto, essa hipótese esteja bem alinhada com os achados atuais, são necessários mais estudos para esclarecer completamente os mecanismos envolvidos e viabilizar o desenvolvimento de estratégias terapêuticas eficazes.

Conclusão

Como identificado no capítulo, a sarcopenia, reconhecida como uma condição clínica de relevância crescente, configura-se como uma verdadeira epidemia silenciosa, comprometendo de forma significativa a autonomia funcional e a qualidade de vida da população idosa. Sua fisiopatologia é complexa e multifatorial, destacando-se, entre os principais fatores, alterações significativas no eixo endócrino responsável pela regulação da homeostase muscular.

Com o envelhecimento, ocorre uma diminuição progressiva na produção e secreção de hormônios anabólicos, ao mesmo tempo em que se observa um aumento relativo na atividade de hormônios com efeitos catabólicos. Esse desequilíbrio hormonal faz parte do processo fisiológico natural do envelhecimento e tem sido consistentemente associado à perda de massa muscular e à redução da força do músculo esquelético.

Apesar da forte associação entre alterações hormonais e a sarcopenia, ainda não é possível determinar com precisão se esses distúrbios endócrinos representam a causa primária da atrofia muscular ou se são consequência da perda de massa magra, uma vez que há uma intrincada interação entre sistemas neuroendócrinos, imunológicos e metabólicos. Isso reforça a noção de que a sarcopenia não resulta de uma deficiência hormonal isolada, mas sim de um conjunto de disfunções

sistêmicas interdependentes que devem ser mais estudadas e aprofundadas.

Ainda assim, o conhecimento do perfil hormonal de indivíduos idosos pode ter valor clínico importante. Hormônios como o hormônio do crescimento (GH), o fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) e a testosterona, entre outros, têm sido propostos como possíveis marcadores sorológicos indiretos da presença ou do risco de desenvolvimento da sarcopenia. A identificação precoce de alterações nesses marcadores pode permitir a adoção de medidas preventivas ou terapêuticas mais eficazes, atenuando a progressão da disfunção muscular e seus efeitos adversos sobre a qualidade de vida.

Diante da estreita relação entre o sistema endócrino e o tecido muscular, é plausível considerar que, no futuro, intervenções terapêuticas que aliem a reposição hormonal seletiva a programas de exercício físico individualizados poderão se constituir em estratégias promissoras para o manejo da sarcopenia e para a preservação da saúde muscular ao longo do processo de envelhecimento.

Principais Referências

ABBASI, A. et al. Association of Dehydroepiandrosterone Sulfate, Body Composition, and Physical Fitness in Independent Community-Dwelling Older Men and Women. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 46, n. 3, p. 263–273, mar. 1998.

ALI, S.; GARCIA, J. M. Sarcopenia, Cachexia and Aging: Diagnosis, Mechanisms, and Therapeutic Options - A Mini-Review. **Gerontology**, v. 60, n. 4, p. 294–305, 2014.

CICILIOT, S. et al. Muscle type and fiber type specificity in muscle wasting. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 45, n. 10, p. 2191–2199, out. 2013.

CULIG, Z. Androgen Receptor Coactivators in Regulation of Growth and Differentiation in Prostate Cancer. **Journal of Cellular Physiology**, v. 231, n. 2, p. 270–274, 22 out. 2015.

HALL, John E.; HALL, Michael E. Guyton & Hall. **Tratado de Fisiologia Médica**. 14. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2021. E-book. p.473. ISBN 9788595158696.

HEANEY, J. L. J.; PHILLIPS, A. C.; CARROLL, D. Ageing, depression, anxiety, social support and the diurnal rhythm and awakening response of salivary cortisol. **International Journal of Psychophysiology**, v. 78, n. 3, p. 201–208, dez. 2010.

KAJI, H. Effects of myokines on bone. **BoneKEy Reports**, v. 5, 20 jul. 2016.

LAMBERTS, S. W. The Endocrinology of Aging. **Science**, v. 278, n. 5337, p. 419–424, 17 out. 1997.

LENCHIK, L.; BOUTIN, R. Sarcopenia: Beyond Muscle Atrophy and into the New Frontiers of Opportunistic Imaging, Precision Medicine, and Machine Learning. **Seminars in Musculoskeletal Radiology**, v. 22, n. 03, p. 307–322, 23 maio 2018.

MOON, M. K. et al. Subclinical Hypothyroidism has Little Influences on Muscle Mass or Strength in Elderly People. **Journal of Korean Medical Science**, v. 25, n. 8, p. 1176, 2010.

NAVARRO, A. Skeletal muscle and aging. **Frontiers in Bioscience**, v. 6, n. 1, p. 26, 2001.

O'LEARY, P. C. et al. Investigations of thyroid hormones and antibodies based on a community health survey: the Busselton thyroid study. **Clinical Endocrinology**, v. 64, n. 1, p. 97–104, jan. 2006.

SACHECK, J. M. et al. IGF-I stimulates muscle growth by suppressing protein breakdown and expression of atrophy-related ubiquitin ligases, atrogin-1 and MuRF1. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 287, n. 4, p. E591–E601, out. 2004.

VELDHUIS, J. D. et al. Endocrine Control of Body Composition in Infancy, Childhood, and Puberty. **Endocrine Reviews**, v. 26, n. 1, p. 114–146, 7 dez. 2004.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO MUSCULAR POR
ULTRASSONOGRAFIA:
PROTOCOLOS UTILIZADOS

CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO MUSCULAR POR ULTRASSONOGRAFIA: PROTOCOLOS UTILIZADOS _____

AUTORES: MARIA MIYUKI LINHARES DEGUCHI, ADECARLO FONZAR PEGINO JUNIOR, LUIS FELIPE SILIO e PALOMA SOUZA DA SILVA

Em concordância com o relatado nos demais capítulos, é necessário relembrar que o músculo esquelético humano é de suma importância para a preservação da saúde, de modo que se consegue manter a mobilidade, o equilíbrio e a homeostase metabólica enquanto estes estiverem saudáveis. Assim sendo, essa perda muscular significativa, que pode ser acelerada por doenças ou por decorrência do envelhecimento, leva à sarcopenia, que pode tornar tanto a integridade física, quanto a qualidade de vida dos portadores da patologia inferior.

Dessa maneira, compete-se que a triagem clínica relacionando à hipótese diagnóstica de sarcopenia com uma validação por meio de exames, é uma medida essencial, tal que muitas modalidades de imagem estão disponíveis, sendo de suma importância como uma forma de medir a massa muscular de forma não invasiva. Dentre essas, identificam-se métodos como Ultrassonografia (US), Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM), sendo estes clinicamente relevantes e importantes para um diagnóstico adequado de sarcopenia. Nesse sentido, entende-se que a avaliação da sarcopenia ainda é uma oportunidade para se dominar a avaliação de um biomarcador de imagem específico do paciente, capaz de prever vários desfechos clínicos.

Por esse viés, entende-se que a ultrassonografia modo B é uma abordagem considerada cada vez mais adequada para uma análise de sarcopenia, mesmo sendo recente o início do seu uso (Gupta, et al; 2022). Compreende-se que esse método pode medir vários parâmetros, como a massa muscular, sua arquitetura, espessura, área de secção transversal, ecogenicidade, ângulo penado e comprimento do fascículo, além de avaliar parâmetros dinâmicos, como força de contração muscular e microcirculação muscular.

Ao analisar inicialmente, entende-se que o uso da avaliação muscular através da imagem é relevante em diversas ocasiões, podendo-se pontuar situações a qual se alcança uma visão adequada do quadro e seu diagnóstico, como a exemplo de pacientes programados para cirurgias oncológicas, que possuem uma massa muscular reduzida. Esse fato pode se relacionar com um aumento de complicações no acompanhamento pós-operatório, com mais dias de hospitalização, menor tolerância à quimio e radioterapia, e com um aumento exacerbado até mesmo das taxas de mortalidade (Tagliafico, et al; 2022).

Nessa visão, a redução da massa muscular e sarcopenia, não necessariamente relacionadas a um estado nutricional prejudicado, foram associadas a piores resultados não só em pacientes oncológicos, mas também naqueles com fraturas, submetidos a outras cirurgias, que apresentam risco aumentado de quedas e fraturas subsequentes, tal que a identificação precoce desses fatores pode gerar uma boa

evolução do paciente e de seu quadro clínico. Portanto, exames como a US, que ganhará destaque nesse livro, são fundamentais na indicação de quando e como usar imagens médicas para fornecer medidas e pontos de corte confiáveis e clinicamente significativos, tal que essa patologia é comumente subdiagnosticada em consultório, se tratando de um termo recém adicionado ao CID, como visto anteriormente.

Ademais, ainda é válido ressaltar que a ultrassonografia não é determinada como técnica padrão-ouro de diagnóstico de sarcopenia devido à falta de consenso sobre padronização e valores de limiar diagnóstico para identificar a patologia. Ainda assim, encontra-se que essa ganha destaque na atualidade visto se tratar de uma técnica de baixo custo e amplamente disponível, além de ser considerada a melhor ferramenta para avaliar pacientes diretamente à beira do leito ou mesmo em casa, com boa concordância intra e interobservador. Diante dessa perspectiva, os parâmetros alcançados correlacionam-se com a força e a capacidade funcional, fornecendo informações prognósticas potenciais (Gupta, et al; 2022).

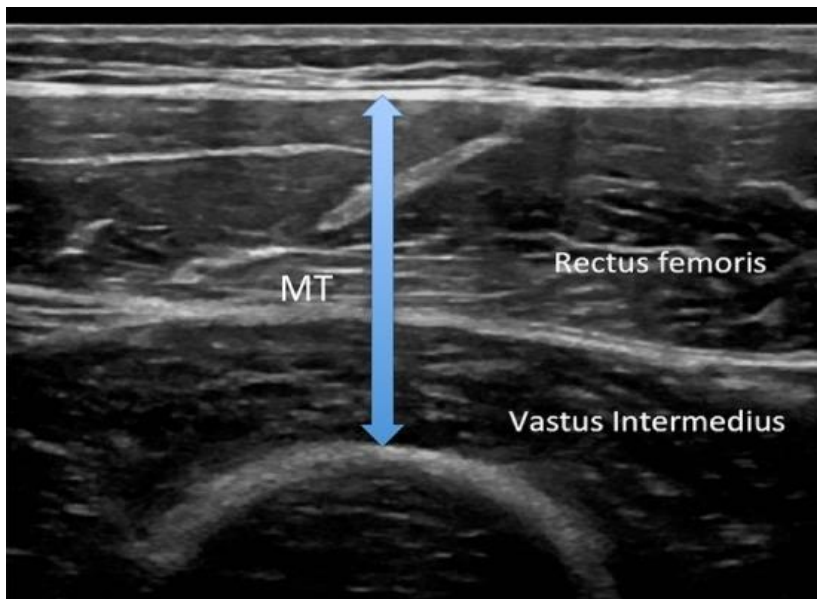
Diante do exposto, neste capítulo irá se relacionar como é feito uma avaliação muscular por ultrassonografia da sarcopenia, com os protocolos utilizados adequadamente, sendo essa uma ferramenta diagnóstica clínica, associada a vantagens como facilidade de seu uso, repetibilidade, ausência de radiação ionizante, portabilidade e disponibilidade. Dessa maneira, entende-se que a ultrassonografia é utilizada para avaliar a quantidade e qualidade muscular, de modo que a European

Geriatric Medicine Society (EUGMS, 2018) sugeriu um protocolo para o uso da US em avaliações de massa muscular, tal que se analisam fatores como Espessura Muscular (EM), Área de Secção Transversal (ASC), Intensidade do Eco (IE), Ângulo de Penação (AP), Comprimento do Fascículo (CF), avaliação da vascularização com contraste e elastografia.

Por esse viés, tanto EM quanto ASC, são utilizados para avaliar e confirmar a presença de depleção de massa muscular, os quais se correlacionam com medidas de DXA, TC e RM (Míron, et al; 2020). Não obstante, recorda-se que a perda muscular em um local específico, determinada pela ultrassonografia é chamada de "sarcopenia regional" ou "específica do local", tendo baixa correlação com parâmetros funcionais incorporados normalmente na avaliação da sarcopenia.

Conforme pode ser visto na Figura 5, o reto femoral e o vasto intermédio são mostrados. A espessura muscular (EM) é medida como a distância entre a aponeurose superficial e o fêmur, incluindo os músculos reto femoral e vasto intermédio. A área transversal do músculo reto femoral pode ser medida a partir de imagens transversais da US, desenhando uma região de interesse (ROI) usando uma ferramenta à mão livre ou uma ferramenta de polígono. A ROI deve incluir a maior parte do reto femoral, excluindo a fáscia muscular.

Figura 5 - a avaliação do compartimento anterior da coxa pode ser considerada uma boa área anatômica para a obtenção de medidas derivadas da US.



Fonte: Tagliafico, *et al*; 2022.

Seguindo a análise de Chianca, *et al* (2022) em um estudo que realizaram, consegue-se observar uma boa relação com pesquisas anteriores, a qual mostraram feliz confiabilidade intra e interavaliadores tanto em idosos quanto em populações mais jovens ao utilizar a ultrassonografia em busca de alteração na massa muscular esquelética, de modo que por fornecer informações sobre a ecotextura muscular, dependendo do grau de infiltração de tecido conjuntivo e gordura intramuscular, acaba-se por desenvolver um bom resultado de coleta frente a demais métodos de avaliação.

Protocolo

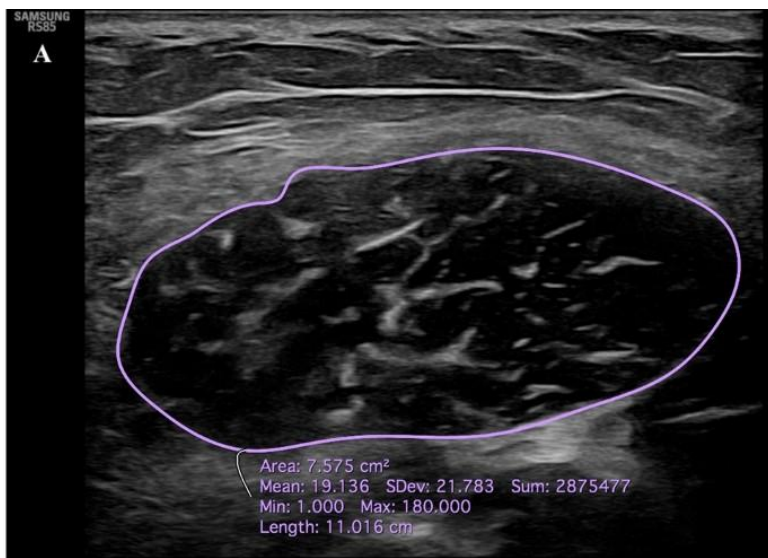
Diante do exposto, ressaltam-se os cinco componentes que podem ser facilmente medidos ao avaliar componentes musculares em pacientes sarcopênicos, como espessura muscular, ângulo de penação, comprimento do fascículo, intensidade do eco e ASC, os quais no entanto, não estão claros o melhor local anatômico para sua avaliação, sem especificação de qual é melhor para resultados específicos como uma previsão da massa muscular esquelética total. Em contrapartida, quando isso se dá, associado ao fato de que majoritariamente a perda muscular é maior nos membros inferiores do que nos superiores, a avaliação do compartimento anterior da coxa pode ser considerada uma boa área anatômica para medições derivadas da US, ao viés de que a maioria dos estudos é realizada no músculo quadríceps, enquanto poucos se concentraram em outros, como os músculos posturais.

Nesse sentido, ao avaliar o músculo, é importante medir inicialmente sua espessura máxima e a ASC, tal que se aconselha a determinar o ponto médio do músculo entre os tendões e o ponto a meio caminho entre a borda medial e lateral do ventre muscular. Em seguida, o ângulo de penação e o comprimento do fascículo muscular devem ser avaliados em repouso e durante a contração, tal que ao adentrar os determinados parâmetro, compete-se que podem definir o nível de perda de força máxima e à velocidade de encurtamento das fibras musculares em pacientes sarcopênicos (Chianca, *et al*; 2022).

Vale ressaltar que o arranjo geométrico dos músculos deve ser considerado ao avaliar o contexto muscular dentro da ultrassonografia, pois este impacta na geração de força muscular, tal que o ângulo de penação deve ser calculado para avaliar a resistência do músculo e seu grau de impulsão, observado esse entre o eixo longitudinal do ventre muscular e suas fibras. Por conseguinte, considera-se de suma importância essa avaliação, visto que a força muscular está relacionada à sua velocidade de encurtamento, portanto, a velocidade de encurtamento mais lenta dos fascículos musculares penados pode levar a uma maior força muscular (Ticinesi, *et al*; 2018)

Conforme pode ser observado na Figura 6 a imagem A mostra o reto femoral de uma corredora de 38 anos (IMC = 24,2), enquanto a imagem B mostra o reto anterior de uma paciente de 42 anos (IMC = 25,1) que não pratica nenhuma atividade física. Apesar de um trofismo muscular semelhante (AST da paciente na imagem B = 7,575 cm², AST da paciente na imagem B = 7,351 cm²), um aumento da ecogenicidade do ventre muscular pode ser observado na paciente com atividade física limitada devido à infiltração gordurosa (imagem B).

Figura 6 - imagens transversais ultrassonográficas do terço proximal do reto femoral de duas pacientes do sexo feminino com idade e IMC semelhantes.



Fonte: Chianca, *et al*; 2022

Assim sendo, a obliquidade dos fascículos musculares e sua rotação dentro do ventre muscular permitem que sejam direcionados a velocidades de contração mais lentas do que o ventre muscular, conferindo-lhes maiores potenciais de força. Nessa lógica, alterações estruturais por decorrência de um quadro clínico de sarcopenia, incluindo redução do tamanho muscular e encurtamento dos fascículos que se tornam menos penados, têm sido associadas a um desempenho inferior em pacientes acometidos (Chianca, *et al*; 2022).

Diante do mesmo pressuposto, encontra-se que a ASC anatômica, àquela perpendicular ao eixo longitudinal do ventre muscular, deve ser distinguida da ASC fisiológica, sendo essa perpendicular às fibras musculares. Dessa maneira, a última referida indica melhor as propriedades de contração dos músculos penados; de fato, enquanto a outra é a mesma em músculos não penados, a qual diferem em músculos penados nos quais a ASC subestima o número total de fibras. Nesse formato, a força muscular está mais intimamente relacionada com a ASC, que é definida como a ASC de um músculo perpendicular às suas fibras, porque a primeira representa o número máximo de pontes cruzadas de actomiosina que podem ser ativadas durante a contração (Perkisas, *et al*; 2018).

Nesse sentido, a elastografia por US foi proposta como uma ferramenta investigativa para rigidez muscular, a qual se usam ondas de cisalhamento, que se relacionam com valores mais baixos de rigidez em músculos esqueléticos de membros inferiores e superiores em idosos. A ultrassonografia com

contraste também foi proposta com o intuito de avaliar mudanças na microvasculatura associadas à sarcopenia, entretanto, apesar do US mostrar resultados promissores para a investigação da sarcopenia, a falta de valores de corte padronizados limita fortemente sua validação para a prática clínica (Alfuraih, *et al*; 2019).

Em compreensão ao apresentado, comprova-se que a ultrassonografia possui valor de elucidação relevante frente a avaliação da qualidade e quantidade muscular, sendo uma técnica precisa para a estimativa das propriedades musculares, mostrando forte correlação positiva com DEXA, TC e medidas baseadas em RM, também associado ao benefício de medições repetidas. Portanto, constata-se que a avaliação da qualidade da arquitetura muscular é essencial para um diagnóstico e acompanhamento da sarcopenia, tanto para avaliar a patologia quanto para relacioná-la com possível melhora após início do tratamento.

Alfuraih AM, *et al* (2019) **O efeito do envelhecimento na rigidez muscular da elastografia por ondas de cisalhamento em adultos.** Aging Clin Exp Res 31:1755–1763. doi: <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01139-0>

Chianca, V., *et al.* **Sarcopenia: avaliação por imagem e aplicação clínica.** Abdom Radiol 47, 3205–3216 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00261-021-03294-3>

Gupta M, *et al.* **Ultrasonography for Assessment of Sarcopenia: A Primer.** J Midlife Health. 2022 Oct-Dec;13(4):269-277. doi: 10.4103/jmh.jmh_234_22. Epub 2023 Apr 28. PMID: 37324795; PMCID: PMC10266568.

Mirón, MR. *et al.* **Biomarcadores ultrassonográficos para sarcopenia: o que podemos dizer até agora?** Semin Musculoskelet Radiol. 2020;24(2):181–193. doi: 10.1055/s-0039-3402745.

Perkisas S, *et al* (2018) **Aplicação do ultrassom para avaliação muscular na sarcopenia: rumo a medidas padronizadas.** Eur Geriatr Med 9:739–757. Doi: <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0104-9>

Tagliafico, AS, *et al.* **Sarcopenia: como medir, quando e por quê.** Radiol med 127 , 228–237 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11547-022-01450-3>

Ticinesi A, *et al* (2018) **Avaliação da sarcopenia com ultrassonografia do músculo vasto lateral: um protocolo operatório.** Aging Clin Exp Res 30:1437–1443. doi: <https://doi.org/10.1007/s40520-018-0958-1>

CAPÍTULO 5

ATUAÇÃO DA ATENÇÃO
PRIMÁRIA À SAÚDE (APS) NA
PREVENÇÃO DA SARCOPENIA

CAPÍTULO 5 – ATUAÇÃO DA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE (APS) NA PREVENÇÃO DA SARCOPENIA _____

AUTORES: ADECARLO FONZAR PEGINO JUNIOR, LUIS FELIPE SILIO, MARIA MIYUKI LINHARES DEGUCHI e PALOMA SOUZA DA SILVA

A Atenção Primária à Saúde (APS) desempenha um papel crucial na prevenção da sarcopenia, uma condição cada vez mais prevalente em populações envelhecidas, caracterizada pela perda progressiva de massa muscular e função física. As equipes de Estratégia de Saúde da Família (ESF) são fundamentais nesse contexto, pois atuam na linha de frente do sistema de saúde para promover a saúde, prevenir doenças e melhorar a qualidade de vida dos usuários (Pimentel, et al., 2022). A promoção de hábitos saudáveis é uma das principais estratégias da APS. O incentivo à prática regular de exercícios físicos, aliado a uma dieta equilibrada, rica em proteínas e nutrientes essenciais, constitui uma abordagem base para mitigar os riscos de desenvolvimento e progressão da sarcopenia.

Educação em saúde é outro aspecto central na atuação da Atenção Primária à Saúde (APS), desempenhando um papel crucial na promoção do bem-estar e na prevenção de doenças. Através de sessões educativas cuidadosamente planejadas, as equipes da Estratégia de Saúde da Família (ESF) se dedicam a informar os pacientes sobre a importância vital de manter um estilo de vida ativo e uma nutrição adequada, elementos essenciais para a saúde geral. Médicos e enfermeiros, em colaboração estreita com nutricionistas e fisioterapeutas,

desenvolvem programas educativos abrangentes que visam aumentar a conscientização sobre a sarcopenia, uma condição que afeta a massa muscular e a força, e suas consequências potencialmente debilitantes.

Essas ações educativas são fundamentais para capacitar tanto os indivíduos quanto a comunidade como um todo, incentivando-os a adotar hábitos preventivos e a procurar ajuda médica precocemente, caso percebam qualquer sinal de declínio físico. Ao promover esse conhecimento, a APS não apenas melhora a qualidade de vida dos pacientes, mas também fortalece a resiliência da comunidade, criando um ambiente onde a saúde é uma prioridade compartilhada e sustentada por todos (Pimentel, et al., 2022).

O acompanhamento multidisciplinar é uma prática vital para garantir um cuidado integral e eficaz, especialmente em condições complexas como a sarcopenia, que afeta a massa e a função muscular. A colaboração entre médicos, enfermeiros, nutricionistas, fisioterapeutas e outros profissionais de saúde possibilita uma abordagem holística nas intervenções preventivas e terapêuticas, promovendo não apenas a recuperação física, mas também o bem-estar emocional e social dos pacientes. Esse esforço conjunto assegura que os pacientes recebam um cuidado personalizado que atenda às suas necessidades específicas, permitindo a adaptação de estratégias de acordo com a sua evolução de saúde.

Além disso, a comunicação contínua entre os membros da equipe multidisciplinar facilita a identificação precoce de

complicações e a implementação de ajustes no plano de tratamento, garantindo que cada aspecto da saúde do paciente seja cuidadosamente monitorado e tratado. Essa sinergia entre diferentes áreas do conhecimento não só otimiza os resultados clínicos, mas também empodera os pacientes, oferecendo-lhes uma compreensão mais clara de sua condição e incentivando-os a participar ativamente de seu processo de recuperação.

O rastreamento da sarcopenia é uma estratégia proativa crítica na Atenção Primária à Saúde (APS), desempenhando um papel fundamental na promoção do envelhecimento saudável e na manutenção da qualidade de vida dos indivíduos (Sant'ana Schinaider; Poersch, 2025). A identificação precoce de fatores de risco, através de exames clínicos regulares e o uso de ferramentas diagnósticas avançadas, como a ultrassonografia e a avaliação de marcadores hormonais, permite intervenções oportunas que podem retardar ou até mesmo prevenir a manifestação clínica da sarcopenia.

Este processo de detecção precoce é essencial, pois a sarcopenia, caracterizada pela perda progressiva de massa e força muscular, pode levar a uma série de complicações, incluindo quedas, fraturas e perda de independência funcional. Profissionais das equipes da Estratégia Saúde da Família (ESF) são treinados para detectar sinais precoces da doença, como diminuição da força de preensão manual e alterações na marcha, e facilitar o acesso aos cuidados necessários, como programas de exercícios físicos e orientações nutricionais, reforçando assim o papel preventivo da APS (Silva et al., 2024).

Além disso, a educação contínua dos pacientes sobre a importância de um estilo de vida ativo e saudável é promovida, garantindo que a população esteja bem informada e engajada em práticas que contribuam para a prevenção da sarcopenia. Dessa forma, a APS não só atua na prevenção, mas também na promoção de um envelhecimento mais saudável e ativo.

Foco em grupos de risco é uma estratégia crucial quando se considera a sarcopenia, uma condição que pode ter um impacto significativo na qualidade de vida e na independência dos indivíduos afetados. Idosos, que naturalmente enfrentam uma diminuição na massa muscular com o avanço da idade, pessoas com doenças crônicas, como o diabetes e a osteoporose, que podem exacerbar a perda muscular, ou aqueles com histórico de imobilidade prolongada devido a cirurgias ou condições debilitantes, constituem grupos que requerem atenção especial e contínua.

As equipes de Atenção Primária à Saúde (APS), especialmente os médicos e enfermeiros, desempenham um papel vital ao desenvolver programas focados nesses grupos vulneráveis. Esses programas devem ser projetados para monitorar de perto sinais de perda muscular, como diminuição da força e da resistência, e implementar medidas preventivas específicas para cada caso, como exercícios de resistência e intervenções nutricionais, garantindo assim um gerenciamento eficaz do risco. Além disso, a educação dos pacientes e de suas famílias sobre a importância da atividade física regular e de uma dieta balanceada pode ser uma ferramenta poderosa na prevenção

da sarcopenia, promovendo um envelhecimento mais saudável e ativo.

Por fim, a atuação da Atenção Primária à Saúde (APS) na prevenção da sarcopenia incorpora não apenas a prática clínica e o aconselhamento, mas também a integração contínua de novas pesquisas e inovações no campo da saúde, garantindo que as abordagens mais recentes e eficazes sejam implementadas. As equipes de Estratégia de Saúde da Família (ESF) são capacitadas regularmente para aplicar as melhores práticas e evidências científicas emergentes, assegurando que a comunidade tenha acesso a um cuidado atualizado e efetivo.

Este treinamento contínuo é fundamental para que os profissionais possam identificar precocemente os sinais de sarcopenia e intervir de maneira eficaz, utilizando uma abordagem multidisciplinar que pode incluir desde a orientação nutricional até a prescrição de exercícios físicos específicos. O comprometimento dos profissionais de saúde da APS em promover a longevidade saudável é essencial para mitigar os impactos da sarcopenia entre os pacientes, tornando-os parceiros ativos na manutenção de sua saúde e bem-estar (Oliveira et al. 2022). Além disso, a APS busca envolver a comunidade em programas de educação e conscientização, incentivando hábitos de vida saudáveis que previnam a perda de massa muscular e promovam a qualidade de vida, reforçando a importância de um envelhecimento ativo e saudável.

MOREIRA, M. M. Prevalência de sarcopenia e sobrevida de idosos expostos ao efeito do comportamento de movimento e custos do sistema de saúde. 2022. Tese (Doutorado em Atenção à Saúde) - **Universidade Federal do Triângulo Mineiro**, Uberaba, MG, 2022.

SANT'ANA SCHINAIDER, A. P.; POERSCH, K. Perfil epidemiológico e funcional de idosos atendidos em uma unidade de estratégia de saúde da família: Epidemiological and functional profile of elderly attend in Primary Care. **Revista FisiSenectus**, Chapecó, Brasil, v. 10, n. 1, p. 100–115, 2023.

SILVA, M. P. A. *et al.* Aferição da Circunferência da Panturrilha no Rastreo da Sarcopenia em Idosos. **Enfermagem em Foco**, v. 15, 1 jan. 2024.

OLIVEIRA, T. V. C. C. *et al.* Educação permanente e práticas colaborativas em uma unidade de saúde na Amazônia Ocidental: possibilidades e desafios / Permanent education and collaborative practices in a health unit in the Western Amazon: possibilities and challenges. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 28979–28998, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n4-406.

PIMENTEL, A. *et al.* Estratégia de Saúde da Família: ressonâncias na atenção, gestão, educação e promoção da Saúde. **Interface - Comunicação Saúde Educação**, v. 26, n. suppl 1, 1 jan. 2022.