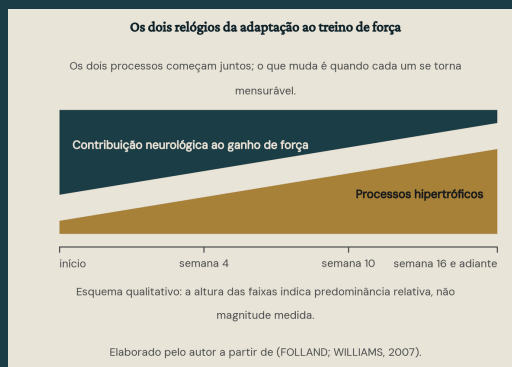


Força e hipertrofia: a fisiologia que quem prescreve precisa conhecer

Mecanotransdução, balanço proteico e o que a evidência sustenta nas variáveis de treino



Dr. Mateus Antunes Nogueira

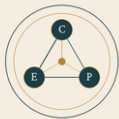
CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)



Vida Ativa

ENSINO E PESQUISA

Casa certificada - Análise metabólica avançada - Desde 1999



Vida Ativa

ENSINO E PESQUISA

Casa certificada - Avaliação metabólica avançada - Desde 1993/97

Força e hipertrofia: a fisiologia que quem prescreve precisa conhecer

Mecanotransdução, balanço proteico e o que a evidência sustenta nas variáveis de treino

Dr. Mateus Antunes Nogueira · CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

AUTOR	Dr. Mateus Antunes Nogueira
REGISTRO	CRM-SP 97.070 · RQE 46345
ÁREA COM RQE	Cirurgia do Aparelho Digestivo
PÓS-GRADUAÇÃO	Medicina do Exercício e do Esporte · Nutrologia
SÉRIE	Vida Ativa Ensino · volume 32
EDIÇÃO	1ª edição
ANO	2026
LOCAL	São Paulo, SP — Brasil
IDIOMA	Português (Brasil)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

Este é um material de educação continuada dirigido a profissionais de saúde. Ele apresenta o estado da evidência sobre o tema, com a população de derivação de cada ponto de corte, e não substitui as diretrizes das sociedades nem o julgamento clínico de quem atende. Nada aqui constitui prescrição, protocolo institucional ou conduta obrigatória; cada decisão depende do paciente à frente, do contexto assistencial e da regulamentação profissional de quem lê. Os valores e as faixas citados descrevem o que os estudos usaram, não o que se deve indicar.

© 2026 Dr. Mateus Antunes Nogueira. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, distribuída ou usada para treinar sistemas automatizados sem autorização escrita do autor.

Sumário

1. Força não é hipertrofia: duas adaptações com relógios diferentes	5
1.1 Antes de começar	5
1.2 Duas adaptações, dois relógios	6
1.3 Unidade motora, princípio do tamanho e o que a carga recruta	8
2. Da tensão mecânica à síntese proteica: o que é dado e o que é modelo	10
2.1 O nó de sinalização, e o experimento que o pôs no lugar	10
2.2 O sensor que ninguém encontrou	10
3. Balanço proteico: por que o agudo não prevê o crônico	14
3.1 O saldo, e o que o desloca	14
3.2 A correlação que não apareceu	14
3.3 O que a suplementação de proteína acrescenta, e até onde	16
4. Células satélites, mionúcleos e ribossomos: a capacidade de construir	19
4.1 O território de cada núcleo	19
4.2 O que o músculo guarda	22
4.3 A capacidade de tradução	23
5. O panorama da evidência das variáveis de treino	24
5.1 Carga: dois desfechos, duas respostas	24
5.2 Volume: a única variável com curva de dose declarada	26
5.3 Frequência e proximidade da falha	28
6. Da fisiologia à decisão: o quadro-síntese	32
6.1 O que o conjunto autoriza dizer	32
6.2 O que um protocolo publicado exige	34
6.3 O caso que o quadro não cobre sozinho: o idoso	34
7. Armadilhas: o que a evidência derrubou, e o que ainda circula	36
7.1 A hipótese hormonal aguda	36
7.2 O dano muscular como motor	36
7.3 A variabilidade individual, lida como falha de método	37
7.4 A interferência do treino concorrente, superestimada	39
8. Um caso construído, e onde o assunto continua	42
8.1 A situação	42
8.2 O que fica para o curso	42

Glossário	44
Referências	46
Sobre o autor	49
Transparência e licenças	50

Força não é hipertrofia: duas adaptações com relógios diferentes

EM UMA FRASE

O mesmo treino produz dois resultados que o ensino costuma tratar como um só. A força cresce cedo, por caminhos que não passam pelo tamanho da fibra; o tamanho da fibra vem depois.

1.1 Antes de começar

Este material foi escrito para o profissional de saúde que prescreve ou orienta treino de força: médicos, nutricionistas, profissionais de educação física e fisioterapeutas. Quase todos repetem com naturalidade o modelo dos três mecanismos, ensinado como se fosse consenso fechado. Boa parte dele nunca foi testada do jeito que o discurso sugere.

O que vem aqui é o fundamento, o panorama da evidência e um quadro-síntese. A montagem do programa, a periodização, a progressão por população, a seleção de exercícios, os casos comentados e as planilhas ficam no curso, e o texto avisa nos pontos em que o assunto pediria o passo a passo. A Tabela 1.1 mostra onde cada pergunta é respondida.

TABELA 1.1 — O QUE CADA CAPÍTULO RESPONDE

CAPÍTULO	A PERGUNTA QUE ELE RESPONDE
1. Força não é hipertrofia	Por que as duas adaptações andam em ritmos diferentes?
2. Da tensão mecânica à síntese proteica	Como a carga vira sinal bioquímico, e o que aí é modelo?
3. Balanço proteico: o agudo e o crônico	A resposta aguda ao treino prevê o ganho de massa?
4. Células satélites, mio-núcleos e ribossomos	O que limita a capacidade de construir proteína?
5. O panorama das variáveis de treino	O que carga, volume, falha e frequência sustentam?
6. Da fisiologia à decisão	O que desse conjunto entra numa decisão de prescrição?
7. Armadilhas	O que a evidência derrubou, e o que ainda circula?
8. Um caso construído	Como o raciocínio se arma, e onde o assunto continua?

1.2 Duas adaptações, dois relógios

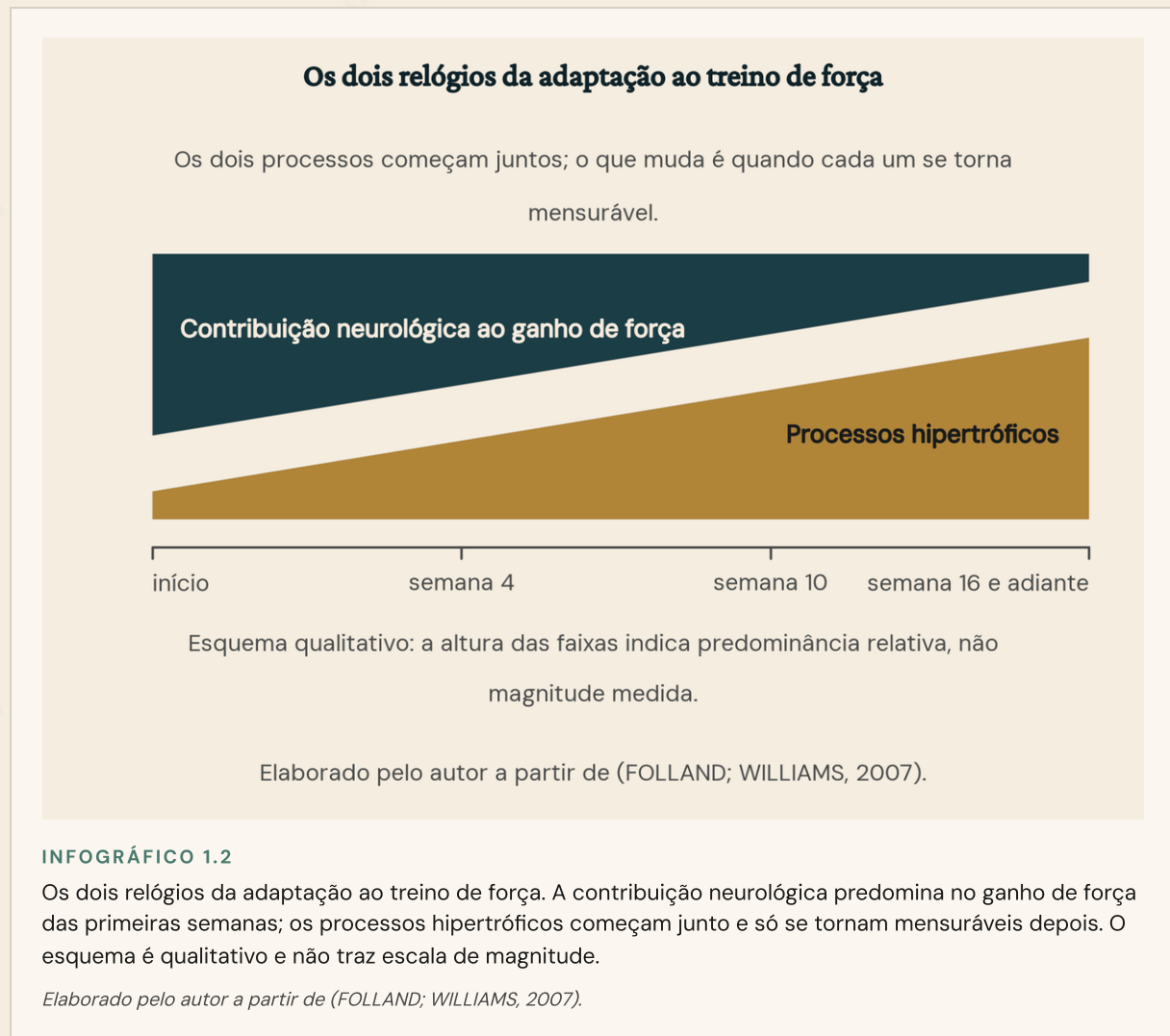
Ganhar força e ganhar massa muscular são resultados diferentes de um mesmo estímulo. Uma revisão clássica sobre as adaptações ao treino de alta resistência organizou as evidências dos dois lados, e o achado que interessa a quem prescreve está na ressalva final dela.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Folland e Williams revisaram, em 2007, as contribuições morfológicas e neurológicas ao aumento de força. Do lado morfológico, o achado central é o aumento da área de secção transversa do músculo e de cada fibra, vindo do aumento de tamanho e de número das miofibrilas. Do lado neurológico, a evidência é indireta, apoiada na especificidade da adaptação à tarefa treinada e na transferência do treino unilateral para o membro contralateral. A ressalva vem no fecho: embora os fatores neurológicos provavelmente contribuam mais nos estágios iniciais, os processos hipertróficos também começam no início do treinamento (FOLLAND; WILLIAMS, 2007).

Fonte: (FOLLAND; WILLIAMS, 2007)

A ressalva desmonta uma simplificação corrente: o ensino costuma apresentar duas fases estanques, como se nas primeiras semanas nada crescesse e a partir de certo ponto o sistema nervoso parasse de contribuir. Nenhuma das duas coisas acontece. O Infográfico 1.2 arruma os dois processos na mesma linha do tempo.



1.3 Unidade motora, princípio do tamanho e o que a carga recruta

A força que aparece na barra é a soma do que cada unidade motora entrega. O princípio do tamanho descreve a ordem em que elas entram: primeiro as menores, depois, conforme a demanda sobe, as maiores. Daí sai uma consequência que atravessa este ebook inteiro. Uma carga baixa levada até perto da falha muscular momentânea — o ponto em que o executante não consegue completar mais uma repetição com a técnica proposta, apesar do esforço máximo — acaba recrutando as mesmas unidades motoras grandes que uma carga alta recruta já na primeira repetição. O caminho é outro. A chegada se parece.

A Tabela 1.3 separa o que cada adaptação muda e como cada uma é medida, porque confundir essas duas colunas é a origem de boa parte dos mal-entendidos que os capítulos seguintes desfazem.

TABELA 1.3 — ADAPTAÇÃO NEUROLÓGICA E ADAPTAÇÃO MORFOLÓGICA: O QUE MUDA E COMO SE MEDE

	ADAPTAÇÃO NEUROLÓGICA	ADAPTAÇÃO MORFOLÓGICA
O que muda	Ativação do agonista, frequência de disparo, coordenação entre músculos	Área de secção transversa da fibra e do músculo, tamanho e número de miofibrilas
Como se mede	Eletromiografia, estimulação tetânica, técnica da contração interpolada	Biópsia, ressonância magnética, ultrassonografia
Quando predomina	Estágios iniciais do programa	Torna-se mensurável mais tarde, mas começa no início
Especificidade	Alta: transfere pouco para tarefas não treinadas	Baixa: o tamanho ganho serve a qualquer tarefa

Aceitar que as duas adaptações coexistem desde o começo obriga a uma pergunta mais difícil, e o capítulo 2 a enfrenta: por qual caminho o estímulo mecânico chega ao aparelho que fabrica proteína contrátil?

CAPÍTULO 2

Da tensão mecânica à síntese proteica: o que é dado e o que é modelo

Os dois relógios do capítulo 1 descrevem o que muda. Falta o elo. Entre a carga na barra e a proteína nova dentro da fibra há um percurso em que o discurso de curso costuma exceder, e por larga margem, o que os experimentos de fato mostram.

2.1 O nó de sinalização, e o experimento que o pôs no lugar

O complexo 1 do alvo mecanístico da rapamicina — mTORC1, na sigla corrente — é o ponto de convergência mais bem estabelecido da cadeia. A demonstração que o consolidou veio de bloqueio farmacológico e de manipulação genética em modelo animal.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Bodine e colaboradores compararam, em 2001, duas vias candidatas em modelos de hipertrofia e de atrofia da musculatura esquelética. A via Akt/mTOR subia na hipertrofia e caía na atrofia. A rapamicina, bloqueador seletivo de mTOR, impediu a hipertrofia em todos os modelos testados, sem causar atrofia nos músculos-controle. A calcineurina, candidata concorrente, não apareceu ativada. A ativação genética da via Akt/mTOR bastou para provocar hipertrofia e para prevenir atrofia; o bloqueio genético da mesma via impediu a hipertrofia (BODINE et al., 2001).

Fonte: (BODINE et al., 2001)

Bloquear e obter ausência de crescimento é um argumento de necessidade. Ativar e obter crescimento é um argumento de suficiência. Ter os dois no mesmo trabalho explica por que essa via virou o eixo de todos os modelos posteriores — e explica também que o eixo descreve sinalização, enquanto a prescrição continua sendo outra conversa.

2.2 O sensor que ninguém encontrou

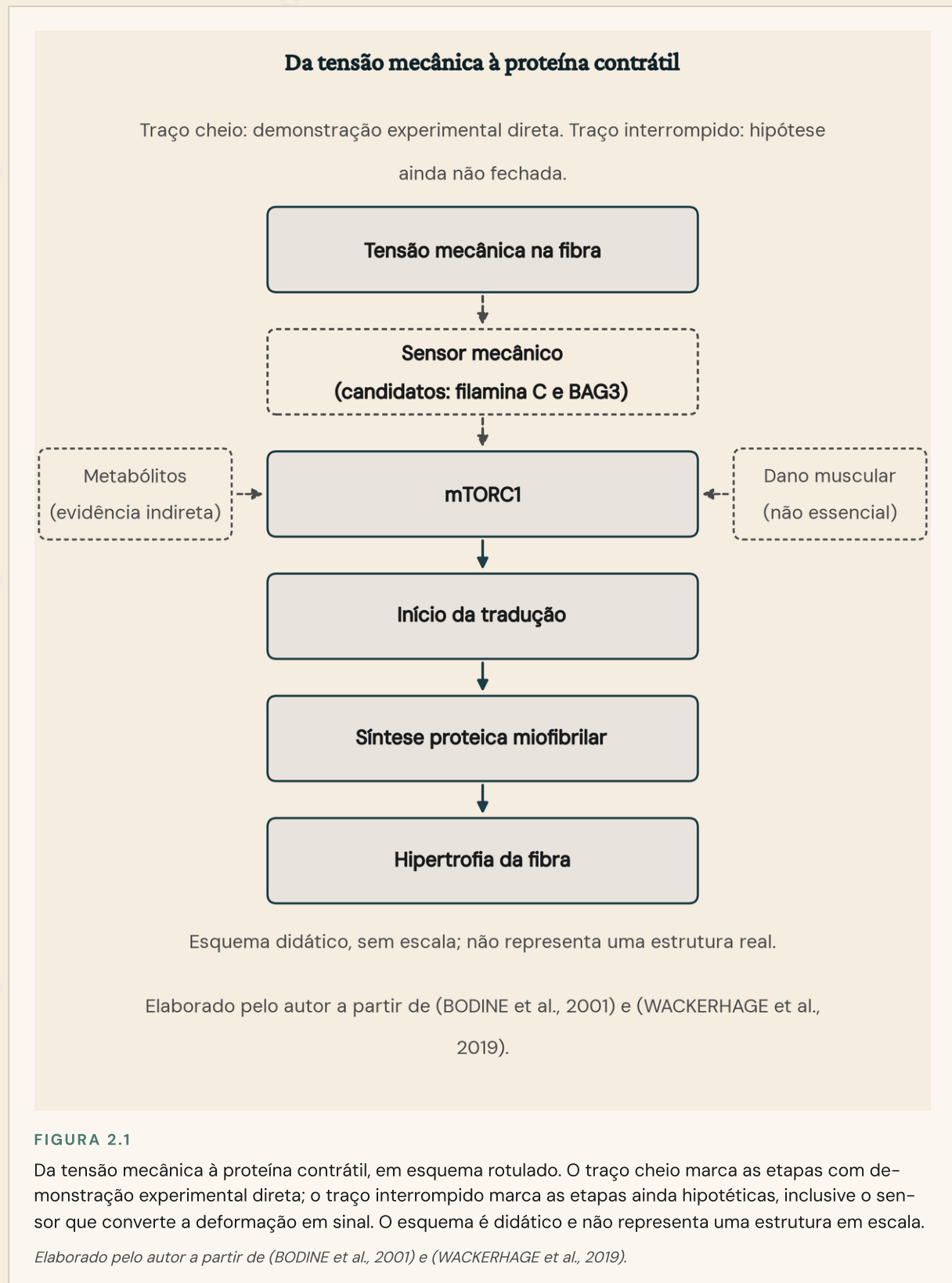
Entre a deformação mecânica do sarcômero e a ativação do mTORC1 existe um vão que a literatura ainda não fechou, e é ali que mora a diferença entre dado e modelo. Uma revisão de 2019 nomeou essa diferença.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Wackerhage e colaboradores propuseram, em 2019, separar dois conceitos que a literatura misturava: o estímulo que inicia a hipertrofia e o sensor que o detecta. O aumento da síntese proteica mediado por mTORC1 é tratado como mecanismo-chave, ainda que não seja o único. O julgamento sobre os candidatos a estímulo é desigual. Os sinais mecânicos aparecem como candidatos principais, e um mecanismo dependente de filamina C e BAG3 é descrito como plausível, porém ainda incompletamente caracterizado. O dano muscular é considerado provavelmente não essencial. Quanto aos metabólitos, a evidência é classificada como indireta (WACKERHAGE et al., 2019).

Fonte: (WACKERHAGE et al., 2019)

A Figura 2.1 desenha a cadeia com essa honestidade embutida: traço cheio onde há demonstração experimental direta, traço interrompido onde há hipótese à espera de teste, e o vão do sensor marcado como o que ainda é.



A Tabela 2.2 leva a mesma separação para uma leitura rápida. Vale tê-la à mão quando alguém apresentar o modelo dos três mecanismos como se as três pernas tivessem o mesmo apoio.

TABELA 2.2 — NA VIA DA HIPERTROFIA, O QUE É DADO EXPERIMENTAL E O QUE É MODELO

ELO DA CADEIA	ESTATUTO NA EVIDÊNCIA	ONDE SE APOIA
mTORC1 ne- cessário para a hipertrofia por sobrecarga	Dado experimental, por bloqueio e por manipulação genética	(BODINE et al., 2001)
Sinal mecâ- nico como estímulo principal	Candidato principal, sem sensor identificado	(WACKERHAGE et al., 2019)
Filamina C e BAG3 como sensor	Hipótese plausível, incompletamente caracterizada	(WACKERHAGE et al., 2019)
Dano muscu- lar como mo- tor da hipertrofia	Provavelmente não essencial	(WACKERHAGE et al., 2019)
Metabólitos como estímulo	Evidência indireta; candidatos mal caracterizados	(WACKERHAGE et al., 2019)

Saber que a sinalização sobe depois da sessão ainda não diz quanto músculo se ganha em dez semanas. O capítulo 3 trata dessa distância, que é maior do que a intuição sugere.

CAPÍTULO 3

Balanço proteico: por que o agudo não prevê o crônico

A via descrita no capítulo 2 termina em uma medida concreta, a taxa de síntese proteica miofibrilar. Ela subiu depois da sessão. A pergunta é se esse número serve para prever o que acontecerá depois de meses.

3.1 O saldo, e o que o desloca

A massa muscular é o saldo acumulado entre síntese e degradação proteica. A refeição com proteína eleva a síntese por algumas horas; o treino de força eleva a síntese e amplia a resposta à proteína ingerida depois dele. A quantidade ingerida tem um teto de estímulo, e um ensaio cruzado de 2009 localizou esse teto.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Moore e colaboradores submeteram, em 2009, seis homens jovens saudáveis a cinco visitas, cada uma com uma sessão intensa de treino resistido de membros inferiores seguida de uma bebida com uma entre cinco quantidades de proteína de ovo integral, em ordem aleatória. A síntese proteica muscular respondeu de forma dependente da quantidade e foi maximamente estimulada com 20 g. A síntese de albumina acompanhou. A fosforilação das proteínas sinalizadoras examinadas não seguiu a ingestão (MOORE et al., 2009).

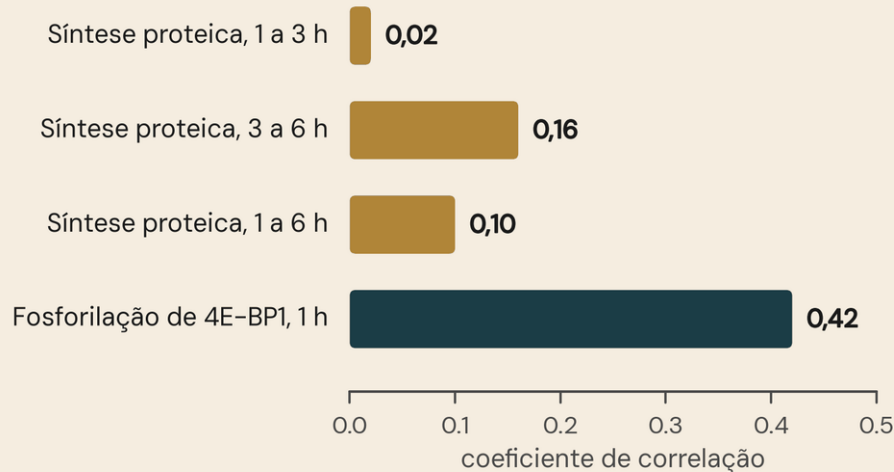
Fonte: (MOORE et al., 2009)

3.2 A correlação que não apareceu

Se a resposta aguda medisse o destino crônico, bastaria medir uma vez. Um estudo de 2014 testou exatamente isso em homens destreinados, e o Gráfico 3.1 mostra o que ele encontrou.

A medida aguda prevê a hipertrofia de 16 semanas?

Coeficiente de correlação com o ganho de volume do quadríceps, em 23 homens destreinados.



Só a fosforilação de 4E-BP1 uma hora após a sessão alcançou significância, e no limite.

Elaborado pelo autor a partir de (MITCHELL et al., 2014).

GRÁFICO 3.1

Correlação entre medidas agudas da primeira sessão e a hipertrofia após dezesseis semanas, em vinte e três homens destreinados. As taxas de síntese proteica miofibrilar medidas em três janelas não se correlacionaram com o ganho de volume do quadríceps; a fosforilação de 4E-BP1 uma hora após a sessão foi a única medida correlacionada.

Elaborado pelo autor a partir de (MITCHELL et al., 2014).

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Mitchell e colaboradores mediram, em 2014, a síntese proteica miofibrilar em repouso e após a primeira sessão de treino resistido de vinte e três homens destreinados, e acompanharam dezesseis semanas de treinamento com ressonância magnética. A síntese subiu 235% acima do repouso entre 60 e 180 minutos após o exercício. O volume do quadríceps aumentou 7,9% em média. Nenhuma das três janelas de medida aguda se correlacionou com esse ganho: os coeficientes foram de 0,02 para 1 a 3 horas, 0,16 para 3 a 6 horas e 0,10 para o período agregado. Uma medida escapou. A fosforilação de 4E-BP1 uma hora depois da sessão teve coeficiente de 0,42, com significância no limite (MITCHELL et al., 2014).

Fonte: (MITCHELL et al., 2014)

A explicação mais bem apoiada para essa ausência de correlação veio dois anos depois, de um desenho que mediu a síntese de forma integrada ao longo de dias.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Damas e colaboradores acompanharam, em 2016, dez homens jovens em três momentos de um programa de dez semanas, medindo a síntese proteica miofibrilar integrada com óxido de deutério e avaliando o dano muscular por desarranjo da banda Z. O aumento da síntese depois da sessão foi maior no início. O dano muscular seguiu o mesmo desenho decrescente. A fibra só engrossou ao fim. No início, quando a síntese estava mais alta, ela não se relacionou com a hipertrofia; na terceira e na décima semana, a relação apareceu e foi forte, com coeficiente próximo de 0,9 (DAMAS et al., 2016).

Fonte: (DAMAS et al., 2016)

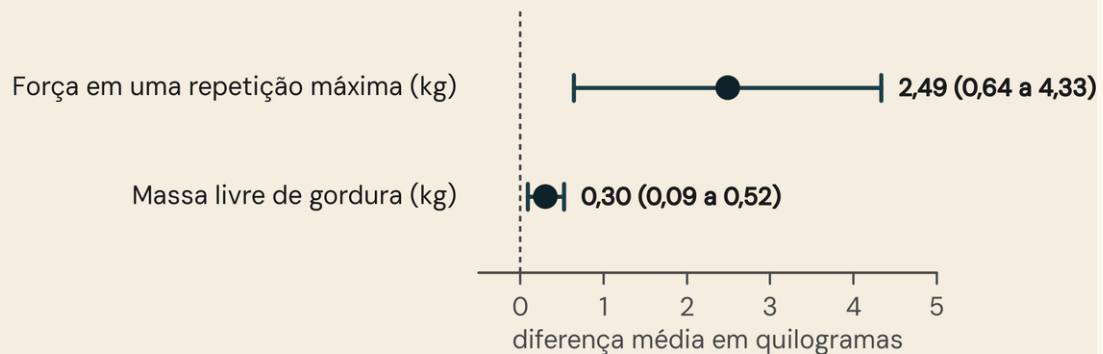
Uma elevação grande da síntese logo depois de uma sessão nova pode estar servindo ao reparo. Medir cedo mede a obra de manutenção.

3.3 O que a suplementação de proteína acrescenta, e até onde

A prescrição alimentar entra nessa conta pelo lado da disponibilidade. Uma metanálise com metarregressão delimitou o tamanho do efeito e um ponto de inflexão que virou referência, e o Gráfico 3.2 reúne os desfechos com os respectivos intervalos de confiança.

Suplementação de proteína no treino resistido prolongado

Diferença média e intervalo de confiança de 95%, em 49 estudos e 1.863 participantes.



A barra é o intervalo de confiança: quanto mais longa, menos precisa é a estimativa. A linha interrompida marca o zero.

Elaborado pelo autor a partir de (MORTON et al., 2018).

GRÁFICO 3.2

Efeito da suplementação de proteína sobre os dois desfechos medidos em quilogramas, com intervalo de confiança de 95%, em 49 estudos e 1.863 participantes. Os dois efeitos são positivos e de magnitude pequena em termos absolutos.

Elaborado pelo autor a partir de (MORTON et al., 2018).

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

A revisão sistemática de Morton e colaboradores, de 2018, reuniu 49 estudos e 1.863 participantes, com ensaios aleatorizados de treino resistido de pelo menos seis semanas. A suplementação de proteína aumentou a força em uma repetição máxima em 2,49 kg, com intervalo de confiança de 95% entre 0,64 e 4,33; a massa livre de gordura em 0,30 kg, entre 0,09 e 0,52; e a área de secção transversa da fibra em 310 μm^2 , entre 51 e 570. A idade pesou contra. O efeito sobre a massa livre de gordura diminuiu com o avanço dela, e foi maior em pessoas já treinadas. A análise de ponto de quebra localizou um limite: acima de uma ingestão total de 1,62 g/kg/dia, a suplementação não acrescentou mais ganho de massa livre de gordura (MORTON et al., 2018).

Fonte: (MORTON et al., 2018)

Dois números desse conjunto precisam ser lidos com a régua certa. Um ganho adicional de 0,30 kg de massa livre de gordura ao longo de semanas de treino é real e é pequeno; o

ponto de quebra de 1,62 g/kg/dia descreve o limite acima do qual a suplementação parou de acrescentar naquele conjunto de estudos, e não uma meta individual. A Tabela 3.3 reúne as quantidades como os estudos as usaram.

TABELA 3.3 — A DOSE DE PROTEÍNA USADA NOS ESTUDOS

ESTUDO	POPULAÇÃO	QUANTIDADE USADA NO ESTUDO	O QUE FOI OBSERVADO	PMID
(MOORE et al., 2009)	6 homens jovens saudáveis, após sessão de membros inferiores	0, 5, 10, 20 ou 40 g de proteína de ovo integral em bebida	Síntese proteica muscular máxima com 20 g	19056590
(MORTON et al., 2018)	1.863 adultos saudáveis, 49 ensaios de treino resistido	Ingestão total de proteína, analisada por ponto de quebra	Sem ganho adicional de massa livre de gordura acima de 1,62 g/kg/dia	28698222

Isto descreve a pesquisa; não é prescrição. A indicação é individual.

Disponibilidade de aminoácidos e sinalização explicam a taxa de síntese, e não explicam de onde vem a capacidade de sustentá-la por meses. O capítulo 4 trata desse estoque.

CAPÍTULO 4

Células satélites, mionúcleos e ribossomos: a capacidade de construir

O capítulo 3 fechou com uma pergunta de capacidade instalada. Uma fibra que precisa produzir muito mais proteína contrátil durante meses precisa de mais núcleos para transcrever e de mais ribossomos para traduzir.

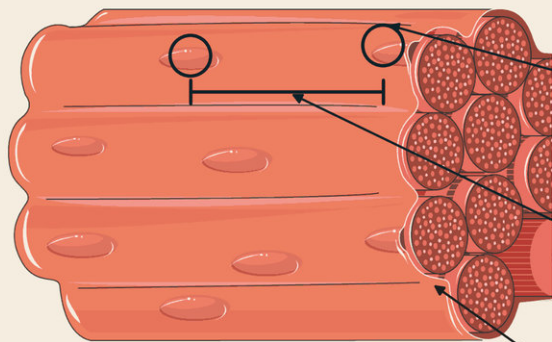
4.1 O território de cada núcleo

Cada mionúcleo serve a um volume definido de citoplasma, o domínio mionuclear. Quando a fibra cresce, ou cada núcleo passa a servir a um território maior, ou entram núcleos novos — e os núcleos novos só podem vir da fusão de células satélites. A Figura 4.1 mostra o arranjo anatômico que sustenta essa conta.

Fibra muscular, mionúcleos e célula satélite

A fibra multinucleada e, ampliada, a parede que a separa do meio externo.

A. Fibras em corte

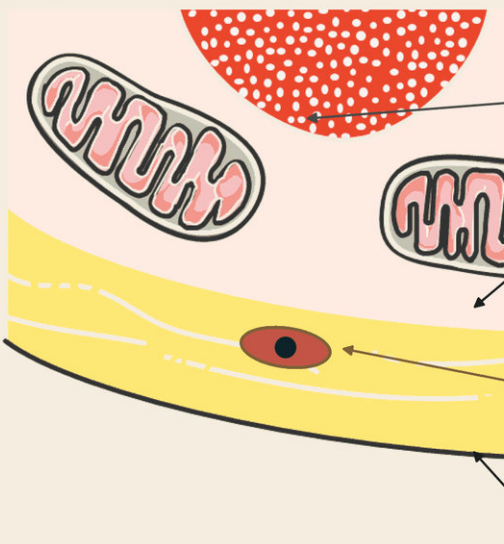


Mionúcleo, logo abaixo da superfície da fibra.

Domínio mionuclear: o território de citoplasma servido por um núcleo.

Fibra muscular: uma célula longa, com muitos núcleos.

B. A parede da fibra, ampliada



Citoplasma da fibra, com as miofibrilas em corte.

Sarcolema: a membrana da própria fibra.

Célula satélite, no nicho entre as duas membranas: é de lá que vêm os núcleos novos.

Lâmina basal: a membrana externa, que envolve a fibra por fora.

Esquema didático, sem escala e sem tecido humano real. A célula satélite e os rótulos foram desenhados sobre as bases: o Servier não traz célula satélite.

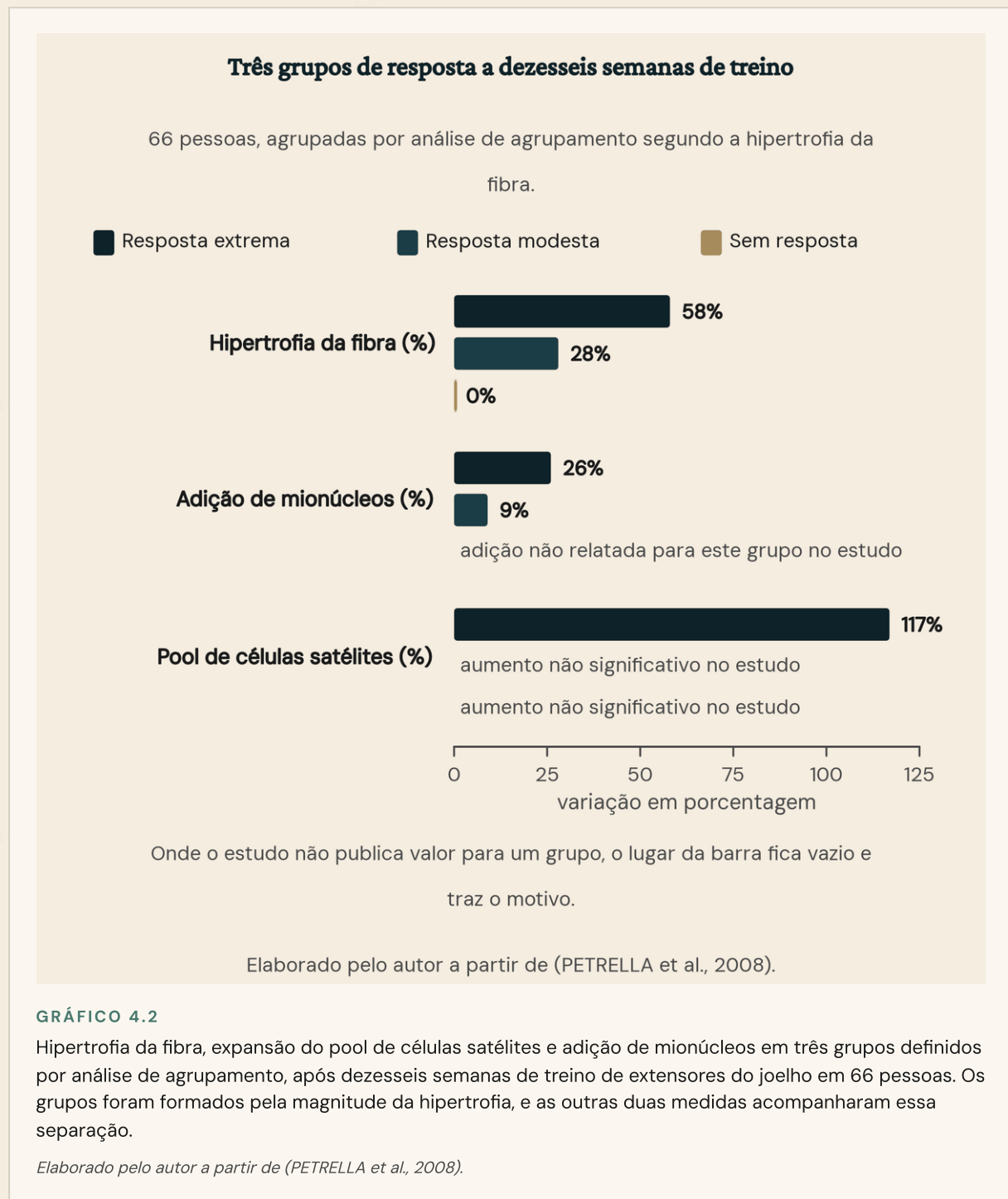
Adaptado de Servier Medical Art (<https://smart.servier.com>), licenciado sob CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

FIGURA 4.1

A fibra muscular em duas ampliações. Em A, fibras em corte, com os mionúcleos logo abaixo da superfície e o território de citoplasma servido por um deles. Em B, a parede da fibra, com a lâmina basal separada do sarcolema e a célula satélite alojada no nicho entre as duas. Esquema didático, sem escala e sem representação de tecido humano real.

Adaptado de Servier Medical Art (<https://smart.servier.com>), licenciado sob CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Um estudo com análise de agrupamento pôs números nessa dependência, e o Gráfico 4.2 mostra os três grupos que ele separou.



O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Petrella e colaboradores classificaram, em 2008, 66 pessoas por análise de agrupamento em três categorias, segundo a hipertrofia da fibra obtida em dezesseis semanas de treino de extensores do joelho: resposta extrema, com média de 58%; resposta modesta, com 28%; e ausência de resposta, com 0%. O ponto de partida era igual. No começo do estudo o tamanho da fibra não diferia entre os grupos, mas a população de células satélites já era maior no grupo de resposta extrema, que durante o treino a expandiu em 117%. A adição de mionúcleos ocorreu no grupo de resposta modesta, em 9%, e foi maior no grupo de resposta extrema, em 26%. Os autores concluem que a adição de mionúcleos por recrutamento de células satélites pode ser necessária para hipertrofia substancial em humanos (PETRELLA et al., 2008).

Fonte: (PETRELLA et al., 2008)

4.2 O que o músculo guarda

Os mionúcleos adicionados durante um período de sobrecarga levantam uma pergunta de memória: eles somem quando o treino para? Um experimento de imagem em modelo animal acompanhou núcleos individuais ao longo do tempo.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Bruusgaard e colaboradores usaram, em 2010, imagem in vivo para acompanhar mionúcleos identificados de fibras específicas. Os núcleos novos apareceram antes de qualquer aumento importante de tamanho durante a sobrecarga. Os antigos e os recém-adquiridos foram mantidos durante uma atrofia grave provocada por denervação, e pareceram protegidos da alta atividade apoptótica do tecido inativo. Eles ficaram. Um episódio de hipertrofia que deixou um número permanentemente maior de mionúcleos retardou a atrofia por desuso, e os autores propõem esses núcleos como substrato celular da chamada memória muscular (BRUUSGAARD et al., 2010).

Fonte: (BRUUSGAARD et al., 2010)

Em humanos, a busca por esse substrato seguiu a pista das marcas epigenéticas.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Seaborne e colaboradores analisaram, em 2018, metilação de DNA em cerca de 850 mil sítios CpG e expressão gênica na musculatura esquelética humana ao longo de três fases: carga, retorno da massa muscular ao valor de base e recarga. A frequência de hipometilação pelo genoma foi maior após a recarga, com 18.816 sítios, do que na carga inicial, com 9.153. Alguns genes mantiveram o estado hipometilado mesmo durante a fase em que a massa muscular voltou ao nível do controle. É um indício de memória epigenética (SEABORNE et al., 2018).

Fonte: (SEABORNE et al., 2018)

4.3 A capacidade de tradução

Núcleos transcrevem; ribossomos traduzem. Um ensaio de 2015 mediu o segundo lado dessa conta em humanos.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Figueiredo e colaboradores examinaram, em 2015, catorze homens jovens saudáveis ao longo de oito semanas de treino resistido, com uma sessão aguda de exercício resistido realizada no início e ao fim do período. A área de secção transversa do músculo aumentou 6%. A ativação aguda das vias ERK e mTOR foi semelhante nos dois momentos. Os níveis musculares de RNA ribossomal aumentaram com o treino, tanto do transcrito precursor 45S quanto dos maduros, e os autores propõem a biogênese ribossomal como evento relevante e pouco estudado na hipertrofia induzida por exercício resistido (FIGUEIREDO et al., 2015).

Fonte: (FIGUEIREDO et al., 2015)

Capacidade instalada explica quanto a fibra consegue crescer. O capítulo 5 sai da célula e vai para as variáveis que o profissional efetivamente escolhe.

O panorama da evidência das variáveis de treino

Mionúcleos e ribossomos, do capítulo 4, explicam o teto. Carga, volume, proximidade da falha e frequência são as alavancas que sobram para quem prescreve, e cada uma delas chega com um corpo de evidência de solidez muito diferente das outras.

5.1 Carga: dois desfechos, duas respostas

A pergunta sobre carga baixa e carga alta foi respondida de modo diferente conforme o desfecho medido. É o achado mais útil do conjunto.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

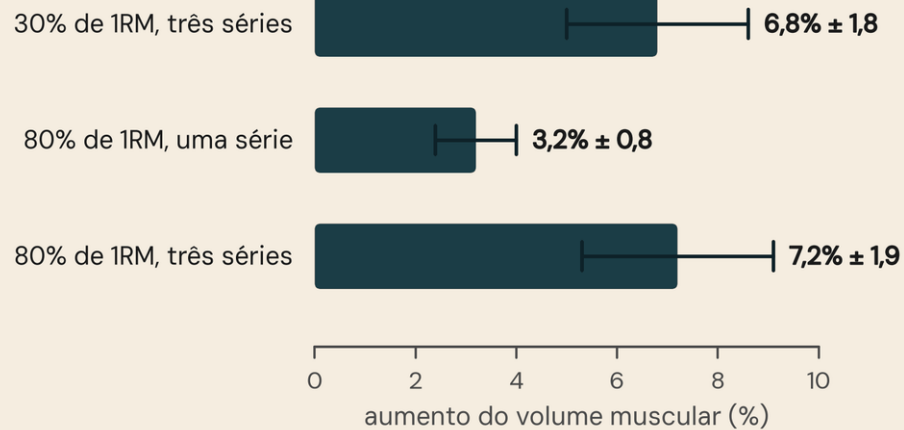
A metanálise de Schoenfeld e colaboradores, publicada em 2017, reuniu 21 estudos. Todos comparavam treino com carga baixa, definida como até 60% de uma repetição máxima, e com carga alta, acima desse valor; todas as séries iam até a falha muscular momentânea, em programas de pelo menos seis semanas. Os ganhos de força em uma repetição máxima foram significativamente maiores com carga alta. A força isométrica não diferiu. As mudanças nas medidas de hipertrofia foram semelhantes nas duas faixas de carga (SCHOENFELD et al., 2017a).

Fonte: (SCHOENFELD et al., 2017a)

Um ensaio com desenho intraindividual tinha chegado ao mesmo lugar cinco anos antes, e o Gráfico 5.1 traz os valores de cada braço.

Volume muscular após dez semanas, por condição

Ressonância magnética; média e erro-padrão, como publicados. Dezoito homens jovens.



Sem diferença significativa entre as três condições.

Elaborado pelo autor a partir de (MITCHELL et al., 2012).

GRÁFICO 5.1

Aumento do volume muscular medido por ressonância magnética após dez semanas, em três condições de treino aplicadas às pernas de dezoito homens jovens. As barras trazem a média e o erro-padrão de cada condição, como publicados.

Elaborado pelo autor a partir de (MITCHELL et al., 2012).

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Mitchell e colaboradores atribuíram, em 2012, cada perna de dezoito homens jovens a duas de três condições de treino, por dez semanas, três vezes por semana. O volume muscular medido por ressonância aumentou nas três, sem diferença entre elas: 6,8% com erro-padrão de 1,8 na condição de 30% de uma repetição máxima e três séries, 3,2% com erro-padrão de 0,8 na de 80% e uma série, e 7,2% com erro-padrão de 1,9 na de 80% e três séries. O par que manteve o número de séries e trocou só a carga terminou no mesmo lugar. A força se comportou de outro jeito, com ganho isotônico máximo maior nas duas condições de carga alta. A fosforilação de p70S6K uma hora após a primeira sessão subiu só na carga alta. Nenhuma proteína sinalizadora se correlacionou com a hipertrofia (MITCHELL et al., 2012).

Fonte: (MITCHELL et al., 2012)

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Morton e colaboradores repetiram o teste, em 2016, com quarenta e nove homens já treinados, por doze semanas, em programa de corpo inteiro com repetições altas ou baixas e todas as séries levadas à falha voluntária. A massa magra e as áreas das fibras do tipo I e do tipo II aumentaram sem diferença entre os grupos. Nesse perfil, registram os autores, a carga não determina a hipertrofia (MORTON et al., 2016).

Fonte: (MORTON et al., 2016)

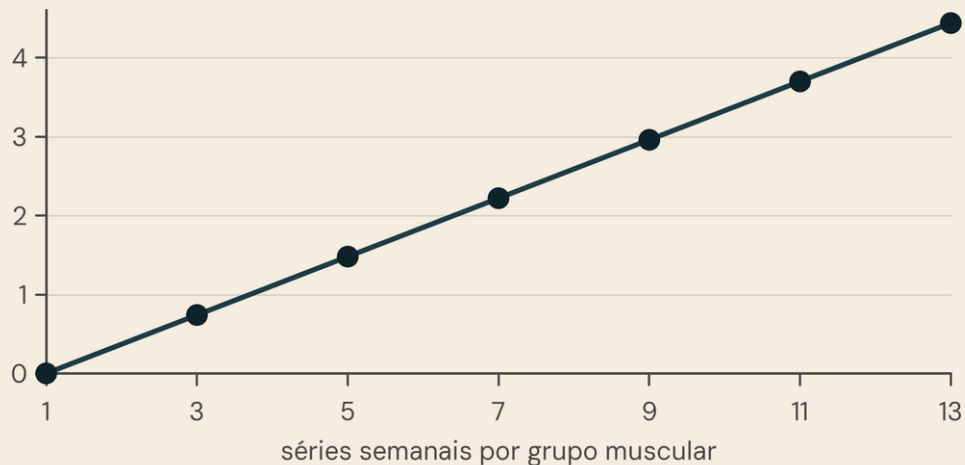
5.2 Volume: a única variável com curva de dose declarada

O Gráfico 5.2 mostra a reta que sai do coeficiente publicado, e as faixas em que os estudos reunidos foram classificados.

Séries semanais por grupo muscular e ganho de massa

A reta é o coeficiente publicado na metarregressão: 0,37 ponto percentual por série semanal adicional.

ganho percentual adicional (pontos percentuais)



séries semanais por grupo muscular

faixas da análise categórica do estudo:



Nessa classificação em três faixas o efeito do volume ficou em tendência, com p de 0,074.

Elaborado pelo autor a partir de (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b).

GRÁFICO 5.2

Relação entre séries semanais por grupo muscular e ganho percentual de massa, conforme a metarregressão de 34 grupos de tratamento em 15 estudos. A reta desenha o coeficiente publicado, de 0,37 ponto percentual por série semanal adicional; as faixas sob o eixo marcam a classificação de volume que os autores usaram na análise categórica.

Elaborado pelo autor a partir de (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b).

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Schoenfeld, Ogborn e Krieger analisaram, em 2017, 34 grupos de tratamento provenientes de 15 estudos, por metarregressão. Tratado como variável contínua, o número de séries semanais teve efeito significativo sobre o tamanho muscular: cada série adicional associou-se a um aumento de 0,023 no tamanho de efeito, o que corresponde a 0,37% a mais de ganho percentual, e a diferença entre volume menor e maior dentro de cada estudo foi de 0,241, equivalente a 3,9% no ganho percentual. A terceira análise repartiu os estudos em menos de cinco, cinco a nove e dez ou mais séries semanais por músculo; nessa forma o efeito ficou em tendência, com p de 0,074. A relação é gradual (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b).

Fonte: (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b)

5.3 Frequência e proximidade da falha

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

A metanálise de Schoenfeld, Ogborn e Krieger de 2016 identificou dez estudos que compararam frequências semanais distintas de treino resistido. Com a frequência tratada como variável binária, o tamanho de efeito sobre a hipertrofia foi de 0,49 na condição de frequência alta contra 0,30 na de frequência baixa. Nos estudos que equiparam o volume, treinar um grupo muscular duas vezes por semana promoveu desfechos superiores a treiná-lo uma vez. Três vezes permanece indeterminado (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016).

Fonte: (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016)

A proximidade da falha é outra história. Aqui a intuição do treinador se descola do dado disponível.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Refalo e colaboradores reuniram, em 2023, quinze estudos que compararam treino levado à falha e treino interrompido antes dela, ou faixas distintas de perda de velocidade dentro da série. Considerando qualquer definição de falha adotada pelos estudos originais, a vantagem do treino até a falha foi de magnitude trivial, com tamanho de efeito de 0,19 e intervalo de confiança de 95% entre 0,00 e 0,37. Na subanálise restrita à falha muscular momentânea, a vantagem desapareceu: o tamanho de efeito caiu para 0,12, com limites de -0,13 a 0,37. Os autores levantam a possibilidade de uma relação não linear entre proximidade da falha e hipertrofia (REFALO et al., 2023).

Fonte: (REFALO et al., 2023)

O Infográfico 5.3 reúne as quatro variáveis em três montes, conforme a evidência as sustente, as deixe incertas ou não as sustente.

As quatro variáveis de treino diante da evidência

Os três montes falam de evidência, não de conduta.



O que a evidência sustenta

- Carga acima de 80% de uma repetição máxima maximiza a força, em metanálise em rede de 178 estudos.
- Hipertrofia semelhante ao longo do espectro de cargas, com as séries perto da falha.
- Volume semanal com dose e resposta gradual: 0,37 ponto percentual por série adicional.
- Duas sessões semanais por grupo muscular superam uma, com volume equiparado.



O que ainda é incerto

- Três sessões semanais serem superiores a duas: indeterminado.
- A forma da relação entre proximidade da falha e hipertrofia: possivelmente não linear.



O que a evidência não sustenta

- Levar toda série à falha muscular momentânea como condição da hipertrofia.
- Perda de velocidade acima de 25% como superior à faixa de 20% a 25%.

Os três níveis falam da força da evidência, não de recomendação individual.

Elaborado pelo autor a partir de (SCHOENFELD et al., 2017a), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016), (REFALO et al., 2023) e (CURRIER et al., 2023).

INFOGRÁFICO 5.3

As quatro variáveis de treino diante da evidência, agrupadas em três montes: o que ela sustenta, o que deixa incerto e o que não sustenta. A forma do símbolo, e não apenas a cor, distingue os três estados, para leitura em impressão monocromática.

Elaborado pelo autor a partir de (SCHOENFELD et al., 2017a), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016), (REFALO et al., 2023) e (CURRIER et al., 2023).

A comparação simultânea de muitas combinações dessas variáveis chegou em 2023, por metanálise em rede. A Tabela 5.4 traz as duas prescrições mais bem classificadas.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Currier e colaboradores puseram, em 2023, doze prescrições de treino resistido contra um controle sem exercício, por metanálise em rede bayesiana. As prescrições diferiam entre si pela frequência semanal, pelo número de séries e pela carga. A rede de força reuniu 178 estudos, com 5.097 participantes; a de hipertrofia, 119 estudos, com 3.364. As doze superaram o controle nos dois desfechos. As prescrições de carga mais alta, acima de 80% de uma repetição máxima, maximizaram o ganho de força, e todas promoveram hipertrofia de modo comparável (CURRIER et al., 2023).

Fonte: (CURRIER et al., 2023)

TABELA 5.4 — AS PRESCRIÇÕES MAIS BEM CLASSIFICADAS NA METANÁLISE EM REDE

DESFECHO	PRESCRIÇÃO MAIS BEM CLASSIFICADA	DIFERENÇA MÉDIA PADRONIZADA CONTRA O CONTROLE (INTERVALO DE CREDIBILIDADE DE 95%)	TAMANHO DA REDE
Força	Carga alta, múltiplas séries, três vezes por semana	1,60 (1,38 a 1,82)	178 estudos, 5.097 participantes
Hipertrofia	Carga alta, múltiplas séries, duas vezes por semana	0,66 (0,47 a 0,85)	119 estudos, 3.364 participantes
Fonte: (CURRIER et al., 2023)			

Ter o panorama não é ter a decisão. O capítulo 6 arma o quadro que transforma esse conjunto em critério.

Da fisiologia à decisão: o quadro-síntese

O capítulo 5 deixou quatro variáveis com graus de apoio diferentes. Quem prescreve precisa de uma hierarquia, e a hierarquia sai da própria distribuição da evidência.

6.1 O que o conjunto autoriza dizer

Três afirmações atravessam os estudos citados até aqui e resistem a eles. Para hipertrofia, a carga é a variável menos determinante, desde que as séries cheguem perto da falha. Para força máxima, o espectro de cargas deixa de valer. O volume semanal é a variável com curva de dose declarada, e a frequência funciona como forma de distribuir esse volume ao longo da semana. O Quadro 6.1 reúne as três com o grau de apoio de cada uma.

Resumo em uma página

O que a fisiologia da força e da hipertrofia sustenta para quem prescreve.

Eixo	O que o conjunto autoriza dizer	Grau de apoio
Mecanismo	O mTORC1 é necessário para a hipertrofia por sobrecarga.	Experimental
Sensor mecânico	O sensor da deformação não foi identificado; filamina C e BAG3 são candidatos.	Hipótese
Balanço proteico	Vem do acúmulo de elevações intermitentes da síntese, depois que o dano se atenua.	Experimental
Capacidade instalada	Hipertrofia substancial acompanha adição de mionúcleos e aumento do RNA ribossomal.	Experimental
Carga	Determina a força máxima; perto da falha, as cargas se equivalem na hipertrofia.	Sustentado
Volume semanal	Única com curva de dose declarada: cada série adicional soma 0,37 ponto percentual.	Sustentado
Frequência	Duas sessões semanais por grupo muscular superam uma; acima disso, indeterminado.	Parcial
Proximidade da falha	A vantagem do treino até a falha é trivial; a relação pode não ser linear.	Incerto
O que caiu	A elevação hormonal aguda como motor da hipertrofia.	Refutada por teste direto
O que caiu	O dano muscular como motor da hipertrofia.	Provavelmente não essencial

Elaborado pelo autor a partir de (FOLLAND; WILLIAMS, 2007), (WACKERHAGE et al., 2019), (DAMAS et al., 2016), (SCHOENFELD et al., 2017a), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b), (REFALO et al., 2023) e (CURRIER et al., 2023).

QUADRO 6.1

Resumo em uma página: o que a fisiologia da força e da hipertrofia sustenta para quem prescreve, organizado por mecanismo, variável e grau de apoio na evidência.

Elaborado pelo autor a partir de (FOLLAND; WILLIAMS, 2007), (WACKERHAGE et al., 2019), (DAMAS et al., 2016), (SCHOENFELD et al., 2017a), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b), (REFALO et al., 2023) e (CURRIER et al., 2023).

6.2 O que um protocolo publicado exige

A caixa abaixo descreve o que os ensaios precisaram controlar para que seus resultados pudessem ser comparados. É critério de leitura. O roteiro operacional de quem monta o programa continua fora deste material.

PROTOCOLO	
1	Duração mínima declarada. As metanálises de carga e de proximidade da falha só admitiram programas de pelo menos seis semanas, e a de proteína exigiu o mesmo.
2	Definição explícita de falha. Os estudos reunidos usaram definições diferentes, e a metanálise de 2023 precisou separar a falha muscular momentânea das demais para poder comparar.
3	Volume equiparado quando a variável em teste é outra. A leitura sobre frequência só vale nos estudos em que o volume semanal foi igualado entre os braços.
4	Desfecho morfológico medido, e não estimado. Biópsia, ressonância magnética ou ultrassonografia; medida de circunferência responde a outra pergunta.
5	População de derivação declarada. O que se observou em homens jovens destreinados não se transporta para pessoas já treinadas nem para idosos sem que isso seja dito.

A conversão desses critérios em programa — a progressão semana a semana, a distribuição do volume entre exercícios, o ajuste por população e por objetivo, os casos comentados e as planilhas de acompanhamento — é matéria do curso. Este material para aqui.

6.3 O caso que o quadro não cobre sozinho: o idoso

A idade muda a inclinação de quase todas as curvas anteriores, e o ensaio que melhor descreveu essa mudança comparou jovens e idosos sob a mesma oferta de aminoácidos.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Cuthbertson e colaboradores mediram, em 2005, a síntese proteica miofibrilar e sarcoplasmática em 44 homens jovens e idosos saudáveis, de porte corporal semelhante, após a ingestão de quantidades diferentes de aminoácidos essenciais. A taxa basal era igual. Os idosos mostraram menor sensibilidade e menor responsividade da síntese aos aminoácidos essenciais, acompanhadas de menor expressão intramuscular e menor ativação das proteínas de detecção e sinalização examinadas. A insulina, mantida em valores basais por pinçamento, não explicou a diferença (CUTHBERTSON et al., 2005).

Fonte: (CUTHBERTSON et al., 2005)

A Tabela 6.2 reúne o que este material cobre sobre o assunto, e cada linha dela carrega a fonte de onde saiu.

TABELA 6.2 — RESISTÊNCIA ANABÓLICA: O QUE MUDA COM A IDADE, PELA EVIDÊNCIA CITADA

O QUE SE EXAMINOU	O QUE MUDOU COM A IDADE	FONTE
Síntese proteica em estado basal	Não diferiu entre jovens e idosos	(CUTHBERTSON et al., 2005)
Resposta da síntese aos aminoácidos essenciais	Menor sensibilidade e menor responsividade nos idosos	(CUTHBERTSON et al., 2005)
Sinalização de detecção de aminoácidos	Menor expressão e menor ativação após a ingestão	(CUTHBERTSON et al., 2005)
Efeito da suplementação de proteína sobre a massa livre de gordura	Diminuiu com o avanço da idade na metarregressão	(MORTON et al., 2018)
Capacidade de adicionar mionúcleos	Descrita como reduzida no idoso	(BRUUSGAARD et al., 2010), afirmação de discussão em estudo de modelo animal

Um quadro que organiza o que se sustenta serve de pouco se o profissional não souber reconhecer as afirmações que já caíram. O capítulo 7 percorre as principais.

Armadilhas: o que a evidência derrubou, e o que ainda circula

O quadro do capítulo 6 tem valor sobretudo pelo que deixou de fora. Quatro ideias de grande circulação não sobreviveram ao teste direto, e cada uma delas ainda aparece em material didático.

7.1 A hipótese hormonal aguda

A elevação de hormônio do crescimento, de fator de crescimento semelhante à insulina e de testosterona depois de uma sessão pesada foi durante décadas apresentada como o motor do crescimento. Um desenho intraindividual isolou essa variável.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Em 2010, West e colaboradores puseram doze homens jovens saudáveis a treinar um braço de cada vez, em dias separados, durante quinze semanas. Cada braço foi exercitado sob um perfil hormonal próprio. Em uma condição, o braço fazia apenas o exercício isolado, com as concentrações hormonais mantidas em valores basais. Na outra, o mesmo exercício era seguido de grande volume de treino resistido de membros inferiores, o que elevava as três concentrações de modo significativo. A divergência hormonal se manteve por todo o período. A área de secção transversa do músculo aumentou 12% na condição sem elevação hormonal e 10% na condição com elevação, sem diferença entre elas. O ganho de força foi semelhante (WEST et al., 2010).

Fonte: (WEST et al., 2010)

O estudo de 2016 com quarenta e nove homens treinados, citado no capítulo 5, também não encontrou correlação significativa entre a elevação aguda de qualquer hormônio dito anabólico e a mudança de força ou de tamanho.

7.2 O dano muscular como motor

A segunda ideia derrubada já apareceu no capítulo 3. Dor muscular tardia não é medida de estímulo, e o dano que a acompanha aparece máximo justamente na fase em que a síntese proteica ainda não se relaciona com o crescimento. O Infográfico 7.2 reúne as duas primeiras armadilhas com o desenho experimental que desfez cada uma.

Duas afirmações que o teste direto derrubou

O que continua legítimo dizer está na coluna da direita.

A afirmação	O desenho que a testou	O que sobrou dela
A elevação hormonal aguda depois da sessão faz o músculo crescer.	Dois braços da mesma pessoa, treinados em dias separados sob perfis hormonais divergentes, por quinze semanas.	Área de secção transversa aumentou 12% sem elevação hormonal e 10% com elevação, sem diferença entre as condições.
O dano muscular é o motor da hipertrofia.	Síntese proteica integrada e dano por desarranjo da banda Z, medidos em três momentos de dez semanas.	A síntese só se relacionou com a hipertrofia depois que o dano se atenuou; o dano máximo coincidiu com a fase sem relação.

Elaborado pelo autor a partir de (WEST et al., 2010), (MORTON et al., 2016), (DAMAS et al., 2016) e (WACKERHAGE et al., 2019).

INFOGRÁFICO 7.2

Duas afirmações de grande circulação, o desenho de estudo que testou cada uma e o que sobrou delas. A coluna da direita registra o que continua legítimo dizer.

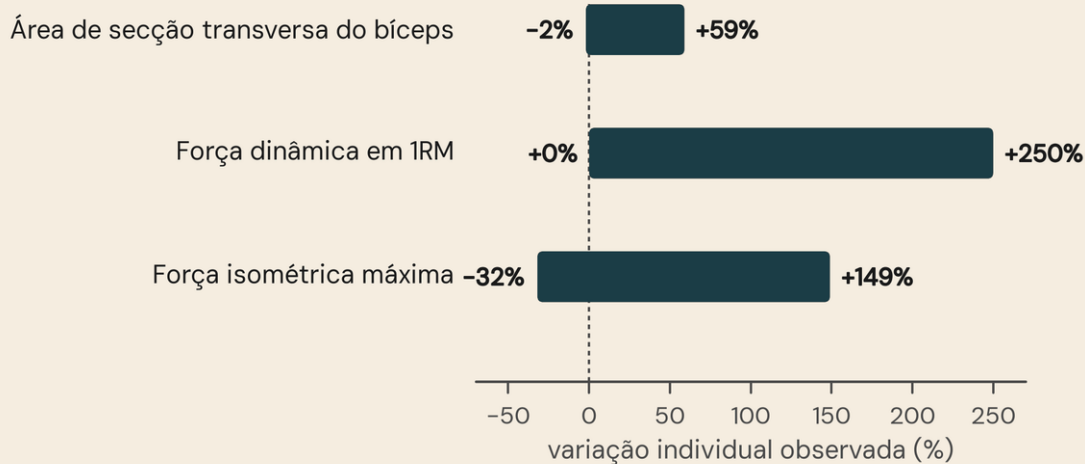
Elaborado pelo autor a partir de (WEST et al., 2010), (MORTON et al., 2016), (DAMAS et al., 2016) e (WACKERHAGE et al., 2019).

7.3 A variabilidade individual, lida como falha de método

A terceira armadilha é de leitura. Quem acompanha um número pequeno de pessoas tende a explicar a dispersão de resultados pela execução ou pela adesão, e um estudo com quase seiscentos participantes mostrou o tamanho real dessa dispersão sob o mesmo programa, em oito centros. O Gráfico 7.1 traz as amplitudes.

A amplitude da resposta ao mesmo programa

585 pessoas, doze semanas de treino resistido unilateral supervisionado.



As barras marcam o mínimo e o máximo observados, não a média nem a dispersão.

Elaborado pelo autor a partir de (HUBAL et al., 2005).

GRÁFICO 7.1

Amplitude das respostas individuais a doze semanas do mesmo programa de treino resistido unilateral dos flexores do cotovelo, em 585 pessoas. As barras marcam o valor mínimo e o máximo observados em cada desfecho.

Elaborado pelo autor a partir de (HUBAL et al., 2005).

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Hubal e colaboradores avaliaram, em 2005, 585 pessoas, 342 mulheres e 243 homens, em oito centros, ao longo de doze semanas de treino resistido dinâmico progressivo do braço não dominante. O ganho de força dinâmica em uma repetição máxima foi de 0% a 250%. A força isométrica voluntária máxima variou de uma perda de 32% a um ganho de 149%. Pela ressonância magnética, a área de secção transversa do bíceps braquial foi de uma perda de 2% a um ganho de 59%. Os homens tiveram ganho de área 2,5% maior. Apesar de ganhos absolutos maiores neles, os aumentos relativos das medidas de força foram maiores nas mulheres (HUBAL et al., 2005).

Fonte: (HUBAL et al., 2005)

7.4 A interferência do treino concorrente, superestimada

A quarta armadilha vem de uma metanálise antiga, muito citada, cujo resultado foi refinado por uma revisão mais recente e mais restritiva.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Wilson e colaboradores reuniram, em 2012, 21 estudos e 422 tamanhos de efeito para identificar quais componentes do treino de endurance prejudicavam os desfechos do treino de força. Os tamanhos de efeito médios para hipertrofia foram de 1,23 no treino de força isolado, 0,85 no treino concorrente e 0,27 no treino de endurance isolado. A modalidade pesou: o treino resistido concomitante à corrida, mas não ao ciclismo, associou-se a decréscimos significativos (WILSON et al., 2012).

Fonte: (WILSON et al., 2012)

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Schumann e colaboradores restringiram, em 2022, a comparação a estudos em que a prescrição de treino de força era idêntica nos dois braços, diferindo apenas pela adição do treino aeróbio, com no mínimo quatro semanas de intervenção. Foram 43 estudos. A diferença média padronizada foi de -0,06 para força máxima, com intervalo de confiança de 95% entre -0,20 e 0,09; de -0,28 para força explosiva, entre -0,48 e -0,08; e de -0,01 para hipertrofia, entre -0,16 e 0,18. A atenuação da força explosiva foi mais pronunciada quando as duas modalidades ocorreram na mesma sessão do que quando foram separadas por pelo menos três horas (SCHUMANN et al., 2022).

Fonte: (SCHUMANN et al., 2022)

O Infográfico 7.3 põe os dois resultados lado a lado, com o que muda de um desenho para o outro.

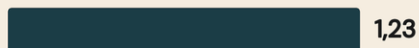
A interferência do treino concorrente, em duas leituras

O que muda entre elas é o comparador.

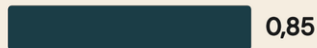
Metanálise de 2012 · 21 estudos

tamanho de efeito para
hipertrofia, por modalidade

Treino de força isolado



Treino concorrente



Treino de endurance isolado



Revisão de 2022 · 43 estudos

diferença média padronizada, com a
prescrição de força idêntica nos
dois braços

Força máxima



Força explosiva



Hipertrofia



zero

À esquerda, modalidades comparadas entre si. À direita, o mesmo treino de
força com e sem a adição do aeróbio.

Elaborado pelo autor a partir de (WILSON et al., 2012) e (SCHUMANN et al.,
2022).

INFOGRÁFICO 7.3

A interferência do treino concorrente em duas leituras. À esquerda, os tamanhos de efeito por modalidade da metanálise de 2012; à direita, as diferenças médias padronizadas da revisão de 2022, que comparou prescrições de força idênticas com e sem a adição do aeróbio.

Elaborado pelo autor a partir de (WILSON et al., 2012) e (SCHUMANN et al., 2022).

SINAIS DE ALERTA

- Emergência: dor torácica, síncope ou pré-síncope durante o esforço interrompem a sessão e vão para avaliação imediata, qualquer que seja o programa em curso.
- No mesmo dia: urina escura após treino desacostumadamente intenso, com dor muscular desproporcional, é motivo de contato com o médico que acompanha a pessoa no mesmo dia.
- Na próxima consulta: perda de força ou de massa apesar de treino e ingestão adequados, mantida por semanas, é achado para reavaliação clínica com quem acompanha a pessoa.

Armadilhas reconhecidas de forma avulsa se esquecem. O capítulo 8 arma o raciocínio inteiro sobre uma situação construída.

Um caso construído, e onde o assunto continua

As quatro armadilhas do capítulo 7 fecham o inventário do que não se pode afirmar. Falta ver o conjunto operando sobre uma situação, e delimitar onde este material termina.

8.1 A situação

Uma pessoa de 58 anos, sem doença conhecida e liberada para exercício, treina há seis meses. Faz duas sessões semanais de corpo inteiro, cargas altas, uma série por exercício, sempre longe da falha. Relata que ganhou força e que a composição corporal não mudou. Pergunta se deve trocar para cargas baixas e muitas repetições, porque leu que isso “dá mais volume”.

A pessoa é construída para este exemplo.

O quadro-síntese responde em três passos. A carga não é o que está limitando a hipertrofia: o espectro de cargas produz hipertrofia semelhante quando as séries chegam perto da falha, e trocar 80% por 30% mudaria o desfecho de força sem resolver o de tamanho. O que está baixo é o volume semanal, a variável com curva de dose declarada — uma série por exercício, duas vezes por semana, fica na faixa inferior das analisadas. A distância da falha também pesa, ainda que menos do que a intuição sugere, e “sempre longe” é uma descrição vaga que precisaria virar critério mensurável antes de virar decisão. A idade entra por uma quarta porta, que o quadro não fecha sozinho: a responsividade da síntese proteica aos aminoácidos cai com ela, e a metarregressão citada no capítulo 3 mostrou o ganho da suplementação encolhendo à medida que a idade sobe.

A ingestão proteica habitual dessa pessoa vira, aqui, pergunta obrigatória para quem acompanha a alimentação dela.

8.2 O que fica para o curso

A conversão desses três passos em programa é a parte que este material não entrega, e a Tabela 8.1 marca a fronteira.

TABELA 8.1 — A FRONTEIRA ENTRE ESTE MATERIAL E O CURSO

ESTE MATE- RIAL ENTREGA	O CURSO TRATA
O meca- nismo: meca- notransdu- ção, mTORC1, balanço pro- teico, mionú- cleos e ribossomos	Como o mecanismo entra na escolha de exercício e na ordem da sessão
O panorama da evidência de carga, vo- lume, falha e frequência	A montagem do programa e a progressão semana a semana
O quadro- síntese e os critérios de leitura de um protocolo publicado	A tomada de decisão em população específica, com casos comentados
A lista das afirmações que a evi- dência derrubou	As planilhas de acompanhamento e os critérios de ajuste

O curso em preparação sobre hipertrofia aprofunda essa segunda coluna. Quem quiser ser avisado quando ele abrir pode entrar na lista de espera em [vidaativaensino.com.br/materiais/forca-hipertrofia-fisiologia?](https://vidaativaensino.com.br/materiais/forca-hipertrofia-fisiologia?utm_source=ebook&utm_medium=organico&utm_campaign=p032&utm_content=cta)

[utm_source=ebook&utm_medium=organico&utm_campaign=p032&utm_content=cta](https://vidaativaensino.com.br/materiais/forca-hipertrofia-fisiologia?utm_source=ebook&utm_medium=organico&utm_campaign=p032&utm_content=cta). O MEV 3.0 Hands-On, com turma marcada para 13 e 14 de novembro de 2026, está hoje em lista de espera, com as vendas pausadas; ele trata do estilo de vida como intervenção clínica.

Fecho com a conta que este ebook fez. Oito capítulos citaram vinte e três estudos, e dois existem para derrubar afirmações que o próprio campo ensinou por décadas: o de 2010 sobre hormônios e o de 2016 sobre dano muscular. Tomar o modelo dos três mecanismos como mapa provisório é a postura que o conjunto autoriza.

Glossário

Termos que aparecem no material e costumam gerar dúvida.

Hipertrofia

Aumento do tamanho da fibra muscular, medido como área de secção transversa da fibra ou do músculo inteiro.

Área de secção transversa

Área do corte perpendicular ao eixo da fibra ou do músculo, medida por biópsia, ressonância magnética ou ultrassonografia.

Unidade motora

Um motoneurônio e todas as fibras musculares que ele inerva.

Princípio do tamanho

Ordem de recrutamento das unidades motoras, das menores e menos fatigáveis para as maiores e mais fatigáveis, conforme a demanda de força sobe.

Mecanotransdução

Conversão de um estímulo mecânico em sinal bioquímico dentro da célula.

mTORC1

Complexo 1 do alvo mecanístico da rapamicina. Nó de sinalização que regula o início da tradução e, com ela, a síntese proteica.

Síntese proteica miofibrilar

Taxa de incorporação de aminoácidos nas proteínas contráteis da fibra.

Balanço proteico

Saldo entre síntese e degradação proteica em um período.

Célula satélite

Célula-tronco da musculatura esquelética, alojada entre a lâmina basal e o sarcolema, capaz de proliferar e fundir-se à fibra.

Mionúcleo

Núcleo interno à fibra muscular, responsável pela transcrição em um território definido do citoplasma.

Domínio mionuclear

Volume de citoplasma servido por um mionúcleo.

Biogênese ribossomal

Produção de ribossomos novos, que define a capacidade de tradução da fibra.

Falha muscular momentânea

Ponto da série em que o executante não consegue completar mais uma repetição com a técnica proposta, apesar do esforço máximo.

1RM

Uma repetição máxima. A maior carga deslocada uma única vez em determinado exercício.

Perda de velocidade

Queda percentual da velocidade de execução dentro da série, usada como marcador indireto da proximidade da falha.

Tamanho de efeito

Medida padronizada da magnitude de uma diferença entre condições, independente da unidade original.

Diferença média padronizada

Tamanho de efeito calculado como diferença entre médias dividida pelo desvio-padrão combinado.

Metanálise em rede

Metanálise que compara simultaneamente várias condições, inclusive pares nunca testados um contra o outro num mesmo ensaio.

Treino concorrente

Realização de treino aeróbio e treino de força dentro do mesmo programa.

Resistência anabólica

Resposta reduzida da síntese proteica a um mesmo estímulo de aminoácidos ou de carga.

Referências

Lista formatada segundo a ABNT NBR 6023. As citações no corpo do texto seguem o sistema autor-data e remetem a esta lista.

BODINE, S. C. et al. Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. **Nature cell biology**, [S. l.], v. 3, n. 11, p. 1014–9, 2001. DOI: 10.1038/ncb1101-1014. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ncb1101-1014>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 11715023.

BRUUSGAARD, J. C. et al. Myonuclei acquired by overload exercise precede hypertrophy and are not lost on detraining. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S. l.], v. 107, n. 34, p. 15111–6, 2010. DOI: 10.1073/pnas.0913935107. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0913935107>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 20713720.

CURRIER, B. S. et al. Resistance training prescription for muscle strength and hypertrophy in healthy adults: a systematic review and Bayesian network meta-analysis. **British journal of sports medicine**, [S. l.], v. 57, n. 18, p. 1211–1220, 2023. DOI: 10.1136/bjsports-2023-106807. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106807>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 37414459.

CUTHBERTSON, D. et al. Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle. **FASEB journal**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 422–4, 2005. DOI: 10.1096/fj.04-2640fje. Disponível em: <https://doi.org/10.1096/fj.04-2640fje>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 15596483.

DAMAS, F. et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **The Journal of physiology**, [S. l.], v. 594, n. 18, p. 5209–22, 2016. DOI: 10.1113/JP272472. Disponível em: <https://doi.org/10.1113/JP272472>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 27219125.

FIGUEIREDO, V. C. et al. Ribosome biogenesis adaptation in resistance training-induced human skeletal muscle hypertrophy. **American journal of physiology. Endocrinology and metabolism**, [S. l.], v. 309, n. 1, p. E72–83, 2015. DOI: 10.1152/ajpendo.00050.2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00050.2015>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 25968575.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports medicine**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 145–68, 2007. DOI: 10.2165/00007256-200737020-00004. Disponível em: <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 17241104.

HUBAL, M. J. et al. Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. **Medicine and science in sports and exercise**, [S. l.], v. 37, n. 6, p. 964–72, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15947721/>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 15947721.

MITCHELL, C. J. et al. Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. **PLoS one**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. e89431, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0089431. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089431>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 24586775.

MITCHELL, C. J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **Journal of applied physiology**, [S. l.], v. 113, n. 1, p. 71–7, 2012. DOI: 10.1152/jappphysiol.00307.2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00307.2012>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 22518835.

- MOORE, D. R. et al. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. **The American journal of clinical nutrition**, [S. l.], v. 89, n. 1, p. 161–8, 2009. DOI: 10.3945/ajcn.2008.26401. Disponível em: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26401>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 19056590.
- MORTON, R. W. et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. **British journal of sports medicine**, [S. l.], v. 52, n. 6, p. 376–384, 2018. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097608. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 28698222.
- MORTON, R. W. et al. Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. **Journal of applied physiology**, [S. l.], v. 121, n. 1, p. 129–38, 2016. DOI: 10.1152/jappphysiol.00154.2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00154.2016>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 27174923.
- PETRELLA, J. K. et al. Potent myofiber hypertrophy during resistance training in humans is associated with satellite cell-mediated myonuclear addition: a cluster analysis. **Journal of applied physiology**, [S. l.], v. 104, n. 6, p. 1736–42, 2008. DOI: 10.1152/jappphysiol.01215.2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01215.2007>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 18436694.
- REFALO, M. C. et al. Influence of Resistance Training Proximity-to-Failure on Skeletal Muscle Hypertrophy: A Systematic Review with Meta-analysis. **Sports medicine**, [S. l.], v. 53, n. 3, p. 649–665, 2023. DOI: 10.1007/s40279-022-01784-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01784-y>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 36334240.
- SCHOENFELD, B. J. et al. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of strength and conditioning research**, [S. l.], v. 31, n. 12, p. 3508–3523, 2017a. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002200. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002200>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 28834797.
- SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **Journal of sports sciences**, [S. l.], v. 35, n. 11, p. 1073–1082, 2017b. DOI: 10.1080/02640414.2016.1210197. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 27433992.
- SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports medicine**, [S. l.], v. 46, n. 11, p. 1689–1697, 2016. DOI: 10.1007/s40279-016-0543-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 27102172.
- SCHUMANN, M. et al. Compatibility of Concurrent Aerobic and Strength Training for Skeletal Muscle Size and Function: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports medicine**, [S. l.], v. 52, n. 3, p. 601–612, 2022. DOI: 10.1007/s40279-021-01587-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01587-7>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 34757594.
- SEABORNE, R. A. et al. Human Skeletal Muscle Possesses an Epigenetic Memory of Hypertrophy. **Scientific reports**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 1898, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-20287-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20287-3>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 29382913.
- WACKERHAGE, H. et al. Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. **Journal of applied physiology**, [S. l.], v. 126, n. 1, p. 30–43, 2019. DOI: 10.1152/jappphysiol.00685.2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00685.2018>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 30335577.

- WEST, D. W. et al. Elevations in ostensibly anabolic hormones with resistance exercise enhance neither training-induced muscle hypertrophy nor strength of the elbow flexors. **Journal of applied physiology**, [S. l.], v. 108, n. 1, p. 60–7, 2010. DOI: 10.1152/jappphysiol.01147.2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01147.2009>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 19910330.
- WILSON, J. M. et al. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. **Journal of strength and conditioning research**, [S. l.], v. 26, n. 8, p. 2293–307, 2012. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d>. Acesso em: 21 set. 2026. PMID: 22002517.

Sobre o autor

Dr. Mateus Antunes Nogueira

CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)

Dr. Mateus Antunes Nogueira · CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado).

Atuo em São Paulo. Opero as doenças do aparelho digestivo e, na outra metade da agenda, avalio metabolismo e capacidade funcional de quem treina, de quem voltou a treinar depois de uma doença e de quem nunca treinou. O treino de força chegou a essa segunda metade pela porta da reabilitação, e foi lá que percebi a distância entre o que se repete sobre hipertrofia e o que a literatura sustenta.

Escrevo para quem prescreve treino de força e quer decidir carga, volume e proteína sabendo em que apoia cada escolha.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

Cursos e materiais: vidaativaensino.com.br

Transparência e licenças

Esta página declara a origem de cada figura usada no material, a base das informações e as condições de uso.

Figuras e ilustrações

ITEM	ASSUNTO	ARQUIVO	ORIGEM E LICENÇA
Infográfico 1.2	Os dois relógios da adaptação ao treino de força. A contribuição neurológica predomina no ganho de força das primeiras semanas; os processos hipertróficos começam junto e só se tornam mensuráveis depois. O esquema é qualitativo e não traz escala de magnitude.	Infografico_1.2_dois-relogios-da-adaptacao.png	Elaborado pelo autor a partir de (FOLLAND; WILLIAMS, 2007).
Figura 2.1	Da tensão mecânica à proteína contrátil, em esquema rotulado. O traço cheio marca as etapas com demonstração experimental direta; o traço interrompido marca as etapas ainda hipotéticas, inclusive o sensor que converte a deformação em sinal. O esquema é didático e não representa uma estrutura em escala.	Figura_2.1_da-tensao-a-sintese.png	Elaborado pelo autor a partir de (BODINE et al., 2001) e (WACKERHAGE et al., 2019).

Gráfico 3.1	Correlação entre medidas agudas da primeira sessão e a hipertrofia após dezesseis semanas, em vinte e três homens destreinados. As taxas de síntese proteica miofibrilar medidas em três janelas não se correlacionaram com o ganho de volume do quadríceps; a fosforilação de 4E-BP1 uma hora após a sessão foi a única medida correlacionada.	Grafico_3.1_agudo-nao-preve-cronico.png	Elaborado pelo autor a partir de (MITCHELL et al., 2014).
Gráfico 3.2	Efeito da suplementação de proteína sobre os dois desfechos medidos em quilogramas, com intervalo de confiança de 95%, em 49 estudos e 1.863 participantes. Os dois efeitos são positivos e de magnitude pequena em termos absolutos.	Grafico_3.2_proteina-suplementar-efeitos.png	Elaborado pelo autor a partir de (MORTON et al., 2018).
Figura 4.1	A fibra muscular em duas ampliações. Em A, fibras em corte, com os mio-núcleos logo abaixo da superfície e o território de citoplasma servido por um deles. Em B, a parede da fibra, com a lâmina basal separada do sarco-lemma e a célula satélite alojada no nicho entre as duas. Esquema didático, sem escala e sem representação de tecido humano real.	Figura_4.1_fibra-mio-nucleos-celula-satelite.png	Adaptado de Servier Medical Art (https://smart.servier.com), licenciado sob CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Gráfico 4.2	Hipertrofia da fibra, expansão do pool de células satélites e adição de mionúcleos em três grupos definidos por análise de agrupamento, após dezesseis semanas de treino de extensores do joelho em 66 pessoas. Os grupos foram formados pela magnitude da hipertrofia, e as outras duas medidas acompanharam essa separação.	Grafico_4.2_tres-grupos-de-resposta.png	Elaborado pelo autor a partir de (PETRELLA et al., 2008).
Gráfico 5.1	Aumento do volume muscular medido por ressonância magnética após dez semanas, em três condições de treino aplicadas às pernas de dezoito homens jovens. As barras trazem a média e o erro-padrão de cada condição, como publicados.	Grafico_5.1_carga-e-hipertrofia.png	Elaborado pelo autor a partir de (MITCHELL et al., 2012).
Gráfico 5.2	Relação entre séries semanais por grupo muscular e ganho percentual de massa, conforme a meta-regressão de 34 grupos de tratamento em 15 estudos. A reta desenha o coeficiente publicado, de 0,37 ponto percentual por série semanal adicional; as faixas sob o eixo marcam a classificação de volume que os autores usaram na análise categórica.	Grafico_5.2_volume-semanal-dose-resposta.png	Elaborado pelo autor a partir de (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b).
Infográfico 5.3	As quatro variáveis de treino diante da evidência, agrupadas em três montes: o que ela sustenta, o que deixa incerto e o que não sustenta. A forma do símbolo, e não apenas a cor, distingue os três estados, para leitura em impressão monocromática.	Infografico_5.3_evidencia-por-variavel.png	Elaborado pelo autor a partir de (SCHOENFELD et al., 2017a), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016), (REFALO et al., 2023) e (CURRIER et al., 2023).
Quadro 6.1	Resumo em uma página: o que a fisiologia da força e da hipertrofia sustenta para quem prescreve, organizado por mecanismo, variável e grau de apoio na evidência.	Quadro_6.1_resumo-em-uma-pagina.png	Elaborado pelo autor a partir de (FOLLAND; WILLIAMS, 2007), (WACKERHAGE et al., 2019), (DAMAS et al., 2016), (SCHOENFELD et al., 2017a), (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017b), (REFALO et al., 2023) e (CURRIER et al., 2023).
Infográfico 7.2	Duas afirmações de grande circulação, o desenho de estudo que testou cada uma e o que sobrou delas. A coluna da direita registra o que continua legítimo dizer.	Infografico_7.2_o-que-caiu.png	Elaborado pelo autor a partir de (WEST et al., 2010), (MORTON et al., 2016), (DAMAS et al., 2016) e (WACKERHAGE et al., 2019).

Gráfico 7.1	Amplitude das respostas individuais a doze semanas do mesmo programa de treino resistido unilateral dos flexores do cotovelo, em 585 pessoas. As barras marcam o valor mínimo e o máximo observados em cada desfecho.	Grafico_7.1_variabilidade-individual.png	Elaborado pelo autor a partir de (HUBAL et al., 2005).
Infográfico 7.3	A interferência do treino concorrente em duas leituras. À esquerda, os tamanhos de efeito por modalidade da metanálise de 2012; à direita, as diferenças médias padronizadas da revisão de 2022, que comparou prescrições de força idênticas com e sem a adição do aeróbio.	Infografico_7.3_treino-concorrente.png	Elaborado pelo autor a partir de (WILSON et al., 2012) e (SCHUMANN et al., 2022).

Base das informações

O texto foi escrito a partir de diretrizes e posicionamentos de sociedades, de ensaios randomizados e de metanálises publicados em revistas com revisão por pares, listados na seção de Referências. Cada afirmação numérica remete a uma fonte identificada por PMID, validada pelo serviço E-utilities do NCBI. As citações seguem o formato autor-data (ABNT NBR 10520) e a lista final, a ABNT NBR 6023.

Conflitos de interesse

O autor declara não ter recebido patrocínio, amostra, honorário ou qualquer contrapartida de fabricantes de suplementos proteicos, equipamentos de musculação ou aparelhos de imagem aludidos nesta obra. As figuras, os gráficos e os quadros foram elaborados pelo autor e são didáticos; a Figura 4.1 adapta duas bases de uso livre do Servier Medical Art, creditadas na própria figura. Nenhum deles representa uma pessoa avaliada de verdade.

Condições de uso

© 2026 Dr. Mateus Antunes Nogueira. A leitura e a impressão para uso pessoal são permitidas. Reprodução, redistribuição, venda, edição de trechos e uso para treinamento de sistemas automatizados dependem de autorização escrita do autor. Cada exemplar traz marcação de origem no fundo e no pé de página.

Colofão. Composto em Crimson Pro (display) e DM Sans (corpo), do Vida Ativa Ensino Design System. Paginado com CSS Paged Media e gerado em 2026. Formato A4 retrato. Dr. Mateus Antunes Nogueira · CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)