

ADAPTAÇÕES NEUROMECÂNICAS E FISIOLÓGICAS AO EXERCÍCIO RESISTIDO NA REABILITAÇÃO DE LESÕES ARTICULARES: IMPLICAÇÕES PARA A PRESCRIÇÃO CLÍNICA

NEUROMECHANICAL AND PHYSIOLOGICAL ADAPTATIONS TO RESISTANCE EXERCISE IN JOINT INJURY REHABILITATION: IMPLICATIONS FOR CLINICAL PRESCRIPTION

ADAPTACIONES NEUROMECÁNICAS Y FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO RESISTIDO EN LA REHABILITACIÓN DE LESIONES ARTICULARES: IMPLICACIONES PARA LA PRESCRIPCIÓN CLÍNICA

Raphael Pinto dos Santos¹
Marckson da Silva Paula²
Ronaldo Lins Meira³
Alexandra Frederico Corrêa⁴
Laís Barbosa de Castro Delgado⁵
Maryah Christina dos Santos Senna Nilo⁶
Tatiane da Costa Thedim⁷
Carlos Eduardo das Neves⁸
Luciano Lima dos Santos⁹
Jani Cleria Pereira Bezerra¹⁰

1

RESUMO: **Objetivo:** sintetizar e quantificar as adaptações neuromecânicas, morfológicas e funcionais ao exercício resistido na reabilitação de lesões articulares e traduzir os achados para a prescrição clínica. **Métodos:** revisão sistemática conforme PRISMA 2020, com buscas no PubMed/MEDLINE e PEDro até 30 de julho de 2026. Foram elegíveis ensaios controlados com pessoas a partir de 14 anos, lesão articular traumática ou condição pós-operatória e programa resistido progressivo por pelo menos quatro semanas. O risco de viés foi avaliado pelo RoB 2. As diferenças padronizadas de mudança foram combinadas por efeitos aleatórios, REML e Hartung-Knapp. **Resultados:** quinze ensaios, com 890 participantes randomizados, foram incluídos. A síntese de força favoreceu a estratégia resistida adicional, mais intensa ou específica (Hedges $g=0,63$; IC95% 0,18–1,08; $I^2=71,9\%$; oito estudos), mas o intervalo preditivo incluiu ausência de benefício. Para função, a estimativa foi imprecisa ($g=0,83$; IC95% –0,15–1,82; $I^2=91,4\%$; seis estudos). Ganhos morfológicos foram promissores, porém pouco mensurados. **Conclusão:** o exercício resistido progressivo melhora a força, mas a transferência para função e estrutura é heterogênea. A carga deve ser individualizada por articulação, fase de cicatrização, sintomas e resposta em 24 horas.

Palavras-chave: Exercício resistido. Reabilitação. Lesões articulares.

¹Mestrando em Educação Física pela Universidade São Judas Tadeu (USJT), São Paulo, SP, Brasil.

²Mestrando em Enfermagem e Biociências pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³Mestre em Saúde e Ambiente pela Universidade Tiradentes (UNIT), Aracaju, SE, Brasil.

⁴Pós-graduada em Educação Física Escolar pela Universidade Gama Filho.

⁵Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Enfermagem e Biociências da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

⁶Mestra em Alimentos e Nutrição pelo Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

⁷Especialista em Medicina Tradicional Chinesa pela Universidade Estácio de Sá (UNESA).

⁸Mestre em Ciências da Saúde pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Universidade de Vassouras (UNIVASSOURAS). E-mail:

⁹Mestre e doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte (PPGCEE) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

¹⁰Doutora em Ciências pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Universidade de Vassouras (UNIVASSOURAS).

ABSTRACT: **Objective:** to synthesize and quantify neuromechanical, morphological, and functional adaptations to resistance exercise during joint injury rehabilitation and translate the findings into clinical prescription **Methods:** a PRISMA 2020 systematic review searched PubMed/MEDLINE and PEDro through July 30, 2026. Controlled trials were eligible when they included participants aged 14 years or older with a traumatic joint injury or postoperative condition and delivered progressive resistance exercise for at least four weeks. Risk of bias was assessed with RoB 2. Standardized between-group changes were pooled using random effects, REML, and Hartung-Knapp inference **Results:** fifteen trials comprising 890 randomized participants were included. Strength favored additional, higher-load, or more specific resistance strategies (Hedges $g=0.63$; 95%CI 0.18–1.08; $I^2=71.9\%$; eight studies), although the prediction interval included no benefit. Functional outcomes were imprecise ($g=0.83$; 95%CI –0.15–1.82; $I^2=91.4\%$; six studies). Morphological gains were promising but sparsely measured **Conclusion:** progressive resistance exercise improves strength, whereas transfer to function and tissue structure remains heterogeneous. Load should be individualized according to the joint, healing phase, symptoms, and 24-hour response

Keywords: Resistance exercise. Rehabilitation. Joint injuries.

RESUMEN: **Objetivo:** sintetizar y cuantificar las adaptaciones neuromecánicas, morfológicas y funcionales al ejercicio resistido durante la rehabilitación de lesiones articulares y traducir los hallazgos a la prescripción clínica **Métodos:** revisión sistemática según PRISMA 2020 con búsquedas en PubMed/MEDLINE y PEDro hasta el 30 de julio de 2026. Se incluyeron ensayos controlados con participantes de 14 años o más, lesión articular traumática o condición posoperatoria y ejercicio resistido progresivo durante al menos cuatro semanas. El riesgo de sesgo se evaluó con RoB 2. Los cambios estandarizados entre grupos se combinaron mediante efectos aleatorios, REML y Hartung-Knapp **Resultados:** se incluyeron quince ensayos con 890 participantes aleatorizados. La fuerza favoreció las estrategias resistidas adicionales, de mayor carga o más específicas (Hedges $g=0,63$; IC95% 0,18–1,08; $I^2=71,9\%$; ocho estudios), aunque el intervalo predictivo incluyó ausencia de beneficio. La función mostró gran imprecisión ($g=0,83$; IC95% –0,15–1,82; $I^2=91,4\%$; seis estudios). Las ganancias morfológicas fueron prometedoras, pero poco evaluadas **Conclusión:** el ejercicio resistido progresivo mejora la fuerza, mientras que su transferencia a la función y a la estructura tisular es heterogénea. La carga debe individualizarse según la articulación, la fase de cicatrización, los síntomas y la respuesta en 24 horas

Palabras clave: Ejercicio resistido. Rehabilitación. Lesiones articulares.

1 INTRODUÇÃO

Lesões ligamentares, meniscais e tendíneas comprometem a interação entre a aferência articular, o controle motor e a capacidade dos tecidos de suportar cargas mecânicas. Dor, derrame articular, imobilização e procedimentos cirúrgicos podem desencadear inibição muscular artrogênica, redução do recrutamento de unidades motoras, aumento da coativação muscular protetora e rápida perda de força. Quando persistentes, essas alterações prejudicam a

mecânica do movimento, reduzem a confiança do paciente e dificultam o retorno às atividades ocupacionais e esportivas. Nesse contexto, o exercício resistido constitui um dos principais componentes da reabilitação musculoesquelética; entretanto, sua prescrição ainda apresenta ampla variabilidade quanto à intensidade, ao volume e à progressão entre os diferentes protocolos terapêuticos (KRISTENSEN; FRANKLYN-MILLER, 2012; HUGHES et al., 2017).

As adaptações iniciais decorrentes do treinamento de força são predominantemente neurais, caracterizadas pelo aumento da ativação dos músculos agonistas, maior sincronização das unidades motoras, elevação da taxa de desenvolvimento de força, redução da coativação antagonista e maior eficiência na produção de torque. Com a continuidade do treinamento, a exposição repetida à tensão mecânica e ao estresse metabólico favorece a síntese proteica, a remodelação do músculo e do tendão e o aumento da área de secção transversa. Embora esses mecanismos estejam bem estabelecidos em indivíduos saudáveis, a presença de dor, inflamação e mecanismos de proteção articular pode modificar a magnitude dessas adaptações em indivíduos com lesões articulares (SCHOENFELD, 2010; WERNBOM et al., 2007).

A diretriz mais recente do *American College of Sports Medicine* destaca que diferentes modalidades de exercício resistido são capazes de promover ganhos de força e hipertrofia, desde que carga, volume e velocidade de execução sejam ajustados aos objetivos do treinamento. Contudo, tais recomendações foram elaboradas predominantemente com base em estudos envolvendo adultos saudáveis. Dessa forma, a aplicação direta de percentuais de uma repetição máxima (1RM) durante a reabilitação de articulações em processo de cicatrização deve ser realizada com cautela, considerando fatores como estabilidade articular, irritabilidade dos tecidos, amplitude de movimento segura e resposta clínica tardia ao exercício (CURRIER et al., 2026).

No contexto brasileiro, estudos envolvendo indivíduos submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior demonstraram que o treinamento excêntrico isocinético pode aumentar o torque muscular e a área de secção transversa do quadríceps. Além disso, a organização unilateral ou bilateral do treinamento influencia os padrões de simetria entre os membros inferiores. O treinamento direcionado exclusivamente ao membro doador favoreceu a recuperação da simetria, enquanto o treinamento bilateral promoveu maiores ganhos de força no membro reconstruído. Esses achados reforçam o princípio da especificidade do treinamento e evidenciam que adaptações neuromecânicas distintas podem ser obtidas de acordo com a

estratégia adotada. Evidências provenientes de indivíduos saudáveis também demonstram diferenças na ativação neuromuscular entre exercícios unilaterais e bilaterais; entretanto, a extrapolação desses resultados para indivíduos em reabilitação pós-operatória deve ser interpretada com cautela (BOTTON et al., 2016; VIDMAR et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2022).

Embora revisões anteriores tenham abordado diferentes condições musculoesqueléticas ou intervenções específicas, como o treinamento com restrição do fluxo sanguíneo, ainda permanece uma lacuna na literatura quanto à integração dos efeitos do exercício resistido sobre força muscular, controle neuromecânico, adaptações morfológicas e capacidade funcional após lesões articulares traumáticas ou procedimentos cirúrgicos relacionados. Além disso, a diversidade de articulações acometidas, protocolos de intervenção, comparadores e desfechos avaliados dificulta a interpretação conjunta das evidências disponíveis, tornando necessária uma síntese quantitativa capaz de estimar o efeito médio das intervenções sem desconsiderar diferenças clinicamente relevantes.

Diante desse cenário, o objetivo da presente revisão sistemática com metanálise foi sintetizar as evidências acerca das adaptações neuromecânicas e fisiológicas promovidas pelo exercício resistido na reabilitação de lesões articulares de joelho, tornozelo e ombro, estimando seus efeitos sobre força muscular e função, além de discutir as implicações dos achados para a prescrição clínica. Partiu-se da hipótese de que o exercício resistido promoveria benefícios consistentes sobre a força muscular, enquanto os efeitos sobre função, adaptações morfológicas e propriocepção apresentariam maior variabilidade em razão da heterogeneidade dos protocolos e das populações investigadas.

2 MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática com metanálise, conduzida e relatada de acordo com as recomendações da declaração PRISMA 2020 (PAGE et al., 2021). Embora o protocolo não tenha sido registrado prospectivamente em uma plataforma pública, a pergunta de pesquisa, os critérios de elegibilidade, os desfechos de interesse e o plano de análise foram definidos antes do início da extração dos dados e permaneceram inalterados durante todas as etapas da revisão.

Com base nesse delineamento, a pergunta de pesquisa foi estruturada segundo a estratégia PICO (SANTOS; PIMENTA; NOBRE, 2007), considerando como população (P) adolescentes e adultos com lesão articular traumática ou em reabilitação pós-operatória; como intervenção (I), programas de exercício resistido progressivo; como comparador (C), cuidado usual, ausência de resistência adicional ou outras estratégias de carga; e como desfechos (O), força muscular, morfologia muscular, controle neuromecânico e função. A questão norteadora foi: programas de exercício resistido progressivo promovem melhorias na força muscular, morfologia muscular, controle neuromecânico e função quando comparados ao cuidado usual, à ausência de resistência adicional ou a outras estratégias de carga em adolescentes e adultos com lesões articulares traumáticas ou em reabilitação pós-operatória?

Para responder à questão de pesquisa, as buscas bibliográficas foram realizadas nas bases de dados PubMed/MEDLINE e Physiotherapy Evidence Database (PEDro), abrangendo o período desde o início da indexação de cada base até 30 de julho de 2026. A estratégia de busca foi desenvolvida especificamente para cada base de dados, respeitando suas características de indexação, sintaxe e recursos de pesquisa.

No PubMed/MEDLINE, foram combinados descritores e palavras-chave relacionados à intervenção — *resistance training*, *resistance exercise*, *strength training*, *progressive resistance*, *eccentric training*, *blood flow restriction*, *isokinetic training* e *cross-education* — com termos referentes às condições clínicas de interesse, incluindo *anterior cruciate ligament*, *meniscus*, *rotator cuff*, *shoulder impingement*, *ankle instability* e *ankle sprain*. Esses termos foram associados a filtros específicos para ensaios clínicos randomizados e estudos controlados, restringindo-se a busca aos estudos publicados até 30 de julho de 2026.

Na PEDro, foram realizadas seis buscas avançadas independentes para as condições *anterior cruciate ligament*, *meniscus/menisectomy*, *rotator cuff*, *shoulder impingement*, *ankle instability* e *ankle sprain*, combinadas com a intervenção *strength training*, a região anatômica correspondente e o delineamento *clinical trial*.

Adicionalmente, foi realizada busca manual nas listas de referências dos estudos incluídos e de revisões relevantes, com o objetivo de identificar estudos potencialmente elegíveis não recuperados pelas buscas eletrônicas. Não foram aplicadas restrições quanto ao idioma de publicação.

Quanto à elegibilidade, foram incluídos ensaios clínicos randomizados e ensaios clínicos controlados que atenderam aos seguintes critérios: (a) participantes com idade igual ou superior a 14 anos, diagnosticados com lesão articular traumática, instabilidade articular crônica ou em reabilitação pós-operatória de joelho, tornozelo ou ombro; (b) intervenção composta por programa de exercício resistido envolvendo resistência externa progressiva, treinamento excêntrico, resistência isocinética, exercícios unilaterais ou bilaterais, ou exercícios de baixa carga associados à restrição do fluxo sanguíneo, com duração mínima de quatro semanas; (c) grupo comparador submetido ao cuidado usual, à ausência de resistência adicional ou a outra estratégia de treinamento resistido; e (d) avaliação de pelo menos um dos seguintes desfechos: força muscular ou torque, espessura muscular, área de secção transversa, índice de simetria entre os membros, propriocepção, desempenho em testes funcionais ou escalas validadas de função. Nos estudos que utilizaram cointervenções, estes foram mantidos na síntese qualitativa; entretanto, foram excluídos da metanálise principal quando não foi possível isolar o efeito específico do exercício resistido.

Em relação aos critérios de exclusão, foram excluídos estudos que incluíram participantes saudáveis avaliados exclusivamente em programas de prevenção, indivíduos com osteoartrite primária, doenças inflamatórias sistêmicas, condições neurológicas, fraturas não consolidadas ou submetidos à artroplastia. Também foram excluídos estudos que investigaram exclusivamente exercícios aeróbios, treinamento de equilíbrio, mobilidade, estimulação elétrica ou intervenções agudas, bem como aqueles com duração inferior a quatro semanas. Não foram considerados séries de casos, estudos transversais, revisões, protocolos de pesquisa, resumos publicados sem dados comparativos ou estudos que não apresentavam informações suficientes para caracterizar adequadamente a intervenção ou os desfechos avaliados. Nos casos em que dois ou mais artigos descreviam a mesma coorte de participantes, foi incluído apenas o relatório mais completo, de modo a evitar duplicidade de dados.

Concluídas as buscas, os registros recuperados nas bases de dados foram importados e submetidos ao processo de identificação e remoção de duplicatas por meio da comparação de identificadores e da similaridade entre os títulos. A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Inicialmente, dois revisores independentes procederam à triagem dos títulos e resumos. Em seguida, os estudos potencialmente elegíveis foram avaliados na íntegra para verificação

dos critérios de inclusão e exclusão. As divergências entre os revisores foram resolvidas por consenso e, quando necessário, por um terceiro revisor.

Após a seleção dos estudos, a extração dos dados foi realizada de forma independente por dois revisores, utilizando um formulário padronizado previamente elaborado. Foram coletadas informações referentes ao país de realização do estudo, características da população, diagnóstico, tamanho da amostra, características da intervenção e do grupo comparador, frequência, duração, intensidade e progressão do treinamento, desfechos avaliados, perdas de seguimento e eventos adversos.

Na sequência, o risco de viés dos estudos incluídos foi avaliado de forma independente por dois revisores, utilizando a ferramenta Risk of Bias 2 (RoB 2), que contempla os domínios relacionados ao processo de randomização, aos desvios das intervenções propostas, aos dados de desfechos ausentes, à mensuração dos desfechos e à seleção dos resultados relatados. Com base nesses domínios, cada estudo foi classificado como de baixo risco de viés, algumas preocupações ou alto risco de viés (STERNE et al., 2019). As discordâncias entre os revisores foram resolvidas por consenso e, quando necessário, por um terceiro avaliador.

Para a síntese dos resultados, o desfecho primário foi a força muscular, sendo priorizada, em cada estudo, a medida mais diretamente relacionada à articulação acometida. Para lesões do joelho, foram consideradas medidas de torque ou força do quadríceps; para o tornozelo, medidas de força de eversão; e, para o ombro, medidas de rotação externa ou abdução. O desfecho secundário foi a função, avaliada por meio das escalas *Lysholm*, *Cumberland Ankle Instability Tool* (CAIT), *Shoulder Pain and Disability Index* (SPADI), *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) ou por outras medidas funcionais validadas equivalentes. Nos estudos que apresentavam múltiplos grupos de intervenção elegíveis compartilhando o mesmo grupo controle, os grupos experimentais foram combinados ou foi selecionada, previamente, a comparação considerada mais apropriada, de modo a evitar a dupla contagem dos participantes.

Para quantificar os efeitos, os tamanhos de efeito foram calculados por meio da diferença média padronizada (DMP) entre os grupos para a variação pré e pós-intervenção, utilizando a correção de Hedges g para pequenas amostras. Quando o desvio-padrão da mudança não estava disponível, este foi estimado a partir dos desvios-padrão pré e pós-intervenção, assumindo-se uma correlação intrapessoal de $r = 0,50$. Análises de sensibilidade adicionais foram realizadas utilizando os valores de $r = 0,30$ e $r = 0,70$. Os tamanhos de efeito

foram codificados de forma que valores positivos representassem resultados favoráveis à estratégia de exercício resistido adicional, de maior intensidade ou mais específica. Para escalas em que menores valores indicavam melhora clínica, a direção dos efeitos foi invertida, garantindo a padronização da interpretação dos resultados (BORENSTEIN et al., 2009; HIGGINS et al., 2019).

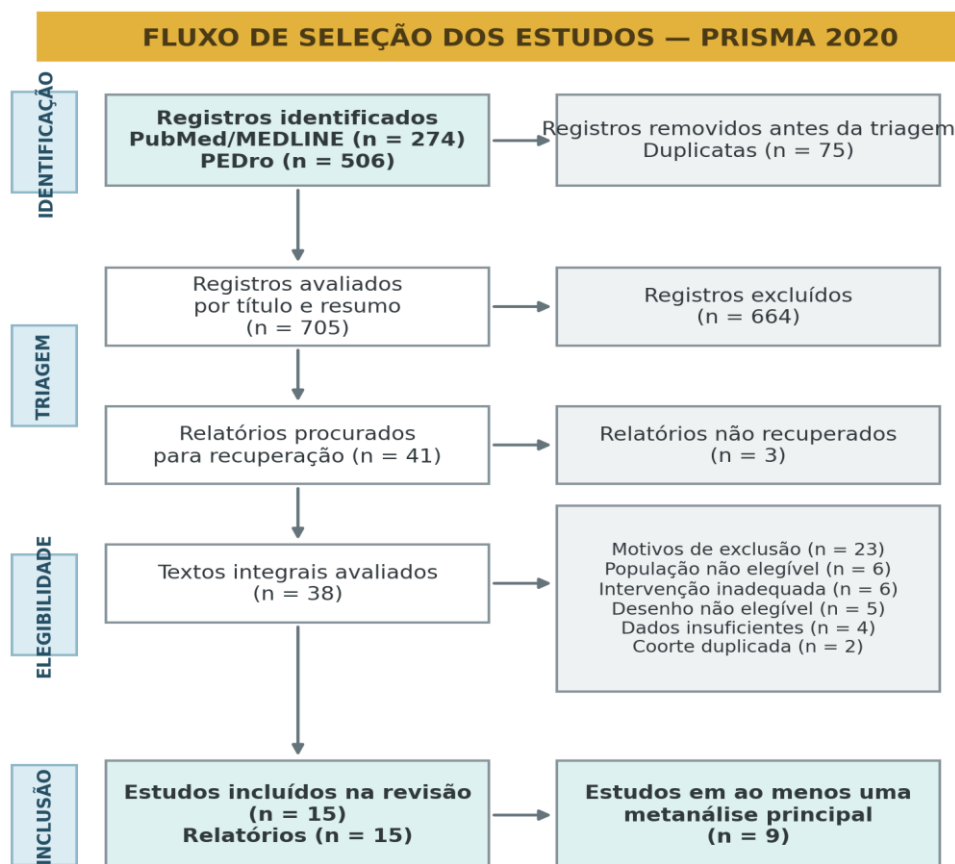
Por fim, as estimativas dos estudos foram combinadas por meio de um modelo de efeitos aleatórios, utilizando a máxima verossimilhança restrita (*Restricted Maximum Likelihood* – REML) para estimar a variância entre os estudos (τ^2), com intervalos de confiança ajustados pelo método de Hartung-Knapp. A heterogeneidade estatística foi avaliada pelos testes Q de Cochran, I^2 e τ^2 , sendo calculado o intervalo preditivo de 95% quando a metanálise incluiu pelo menos três estudos (INTHOUT et al., 2014). A robustez dos resultados foi investigada por meio de análises de sensibilidade do tipo *leave-one-out*, além de análises considerando diferentes valores para a correlação imputada (r), a exclusão do estudo de pequeno porte que utilizou órtese e a inclusão do estudo que associou terapia manual à intervenção. Não foram realizados o teste de Egger nem a inspeção por gráfico de funil, uma vez que todas as metanálises incluíram menos de dez estudos, condição em que esses métodos apresentam baixa confiabilidade. Todas as análises estatísticas foram reproduzidas no Python, versão 3.12.

3 RESULTADOS

3.1 Seleção dos estudos

Foram identificados 780 registros, sendo 274 provenientes do *PubMed/MEDLINE* e 506 da *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro). Após a remoção de 75 registros duplicados, 705 títulos e resumos foram submetidos à triagem. Desses, 41 estudos foram selecionados para avaliação do texto completo, dos quais 38 foram recuperados e analisados quanto à elegibilidade. Ao final do processo de seleção, 15 estudos atenderam aos critérios de inclusão e foram incorporados à síntese qualitativa, sendo que nove forneceram dados para pelo menos uma das metanálises principais. Os principais motivos para exclusão dos estudos após a leitura na íntegra foram população não elegível, intervenção aguda ou sem progressão, delineamento inadequado, ausência de dados comparativos suficientes e duplicação de coorte (Figura 1).

Figura 1 – Fluxo de seleção dos estudos conforme o PRISMA 2020



Fonte: elaboração própria, com base nas buscas realizadas em 30 de julho de 2026.

3.2 Características dos estudos e risco de viés

Os 15 ensaios clínicos randomizados incluíram 890 participantes, dos quais aproximadamente 872 foram analisados, com tamanho amostral variando de 20 a 200 indivíduos. Cinco estudos investigaram intervenções relacionadas ao joelho, cinco ao tornozelo e cinco ao ombro. A duração dos programas de treinamento variou entre seis e 16 semanas, sendo que um estudo realizou acompanhamento dos participantes por 12 meses. As intervenções contemplaram diferentes modalidades de exercício resistido, incluindo treinamento com faixas elásticas, máquinas isotônicas, dinamometria isocinética, exercícios excêntricos, marcha resistida, exercícios unilaterais e bilaterais, além de treinamento de baixa carga associado à restrição do fluxo sanguíneo. Quanto à avaliação do risco de viés, cinco estudos foram classificados como de baixo risco, oito apresentaram algumas preocupações e dois foram classificados como de alto risco, de acordo com a ferramenta RoB 2 (Tabela 1).

Tabela 1 – Características dos estudos incluídos

Estudo; país	Articulação e população	n randomizado / analisado	Intervenção resistida	Comparador	Duração; desfechos	RoB global ²
Bieler et al. (2014); Dinamarca	Joelho; reconstrução do LCA	50/38	Alta intensidade, progressão de 20 para 8RM	Baixa intensidade, 30 para 20RM	12 sem; potência, hop, KOOS, Lysholm	Algumas preocupações
Ke et al. (2022); China	Joelho; menisctomia parcial artroscópica	40/38	Baixa carga + restrição de fluxo	Reabilitação habitual	8 sem; torque, espessura, Lysholm, dor	Algumas preocupações
Oliveira et al. (2022); Brasil	Joelho; LCA com enxerto patelar contralateral	88/88	Exercício unilateral no membro doador	Exercício bilateral	8 sem; torque, simetria, hop, Lysholm	Baixo
Palmieri-Smith et al. (2022); EUA	Joelho; 6-10 sem após reconstrução do LCA	30/26	Marcha com órtese resistiva ou faixa	Marcha sem resistência	8 sem; força isométrica de extensão/flexão	Algumas preocupações
Vidmar et al. (2020); Brasil	Joelho; reconstrução do LCA	30/30	Excêntrico isocinético	Excêntrico com carga constante	6 sem; torque, AST, hop, Lysholm	Baixo
Docherty et al. (1998); EUA	Tornozelo; instabilidade funcional	20/20	Tubos elásticos progressivos	Sem treinamento	6 sem; força, senso de posição articular	Alto
Hall et al. (2015); EUA	Tornozelo; instabilidade crônica	39/39	Faixa elástica ou PNF progressivo	Sem treinamento	6 sem; força, equilíbrio, percepção de instabilidade	Algumas preocupações
Hall et al. (2018); EUA	Tornozelo; instabilidade crônica	39/39	Força progressiva	Equilíbrio ou controle	6 sem; torque, SEBT, BESS, side-hop	Algumas preocupações
Smith et al. (2012); EUA	Tornozelo; instabilidade funcional	40/40	Faixa + aparelho multiplanar progressivo	Sem treinamento	6 sem; força e senso de força	Algumas preocupações
Wang et al. (2022); China	Tornozelo; instabilidade funcional	52/52	Treino isocinético	Thera-Band progressiva	6 sem; torque, SEBT, CAIT	Baixo
Clausen et al. (2021); Dinamarca	Ombro; impacto subacromial	200/200	Grande dose adicional de fortalecimento	Cuidado não operatório usual	16 sem; SPADI, força, ADM	Baixo
Ingwersen et al. (2017); Dinamarca	Ombro; tendinopatia do manguito	100/100	Alta carga progressiva	Baixa carga tradicional	12 sem; DASH, força, ultrassom	Baixo
Macías-Hernández et al. (2021); México	Ombro; rotura parcial do manguito	26/26	Fortalecimento excêntrico	Fortalecimento concêntrico	12 sem; dor, Constant, ASES; seguimento 12 meses	Algumas preocupações
Schedler et al. (2020); Alemanha	Ombro; dor subacromial crônica	56/56	Dispositivo manual + faixa ou faixa tradicional	Controle passivo	8 sem; SPADI, força, ADM, resistência	Algumas preocupações

Estudo; país	Articulação e população	n randomizado / analisado	Intervenção resistida	Comparador	Duração; desfechos	RoB global ²
Sharma et al. (2021); Índia	Ombro; atletas com overhead impacto	80/80	Resistência progressiva + terapia manual	Exercício de controle motor	8 sem; força isométrica	Alto

Nota: n=randomizado/ analisado; siglas descritas no texto. Fonte: elaboração própria.

3.3 Metanálise de força muscular

Oito estudos contribuíram para a metanálise do desfecho primário força muscular. As intervenções baseadas em exercício resistido adicional, de maior intensidade ou mais específico promoveram um efeito combinado de magnitude moderada a elevada em comparação aos grupos controle (Hedges $g = 0,63$; IC_{95%}: 0,18–1,08). Observou-se heterogeneidade substancial entre os estudos ($Q = 24,93$; $gl = 7$; $I^2 = 71,9\%$; $\tau^2 = 0,192$). O intervalo preditivo de 95% variou de $-0,54$ a $1,80$, indicando que, em um novo contexto clínico, o efeito da intervenção pode variar desde ausência de benefício adicional até um efeito expressivo sobre a força muscular (Figura 2A).

A robustez dos resultados foi confirmada nas análises de sensibilidade. Considerando uma correlação intrapessoal de $r = 0,30$, o tamanho de efeito permaneceu favorável à intervenção ($g = 0,54$; IC_{95%}: 0,13–0,95), enquanto, para $r = 0,70$, observou-se efeito semelhante ($g = 0,78$; IC_{95%}: 0,25–1,31). Nas análises do tipo leave-one-out, os tamanhos de efeito oscilaram entre 0,56 e 0,75, demonstrando estabilidade das estimativas. A exclusão do ensaio de pequeno porte que utilizou órtese resultou em $g = 0,56$ (IC_{95%}: 0,09–1,03), sem alteração da direção do efeito.

Por outro lado, a inclusão do estudo de Sharma et al. (2021), que associou exercício resistido à terapia manual e apresentou um tamanho de efeito substancialmente superior aos demais estudos, elevou a estimativa combinada para $g = 1,18$, porém aumentou a heterogeneidade para $I^2 = 93,5\%$. Em razão desse potencial de distorção e da impossibilidade de isolar o efeito específico do exercício resistido, esse estudo foi mantido apenas nas análises de sensibilidade e permaneceu excluído da metanálise principal.

3.4 Função, controle neuromecânico e morfologia

Seis estudos contribuíram para a metanálise do desfecho secundário função. O efeito combinado favoreceu as intervenções baseadas em exercício resistido (Hedges $g = 0,83$; IC_{95%}:

-0,15 a 1,82); contudo, o intervalo de confiança incluiu a nulidade, indicando ausência de significância estatística. Observou-se heterogeneidade muito elevada entre os estudos ($Q = 58,25$; $gl = 5$; $I^2 = 91,4\%$; $\tau^2 = 0,794$). O intervalo preditivo de 95% variou de -1,86 a 3,53, sugerindo ampla variabilidade do efeito em diferentes contextos clínicos (Figura 2B). A imprecisão da estimativa pode ser atribuída à heterogeneidade dos instrumentos de avaliação funcional, das articulações investigadas, das intervenções e dos grupos comparadores. Além disso, o expressivo efeito observado por Wang et al. (2022) na *Cumberland Ankle Instability Tool* (CAIT) contrastou com os resultados predominantemente nulos dos estudos que compararam treinamento de alta e baixa carga em indivíduos com lesões do ombro (INGWERSEN et al., 2017; CLAUSEN et al., 2021).

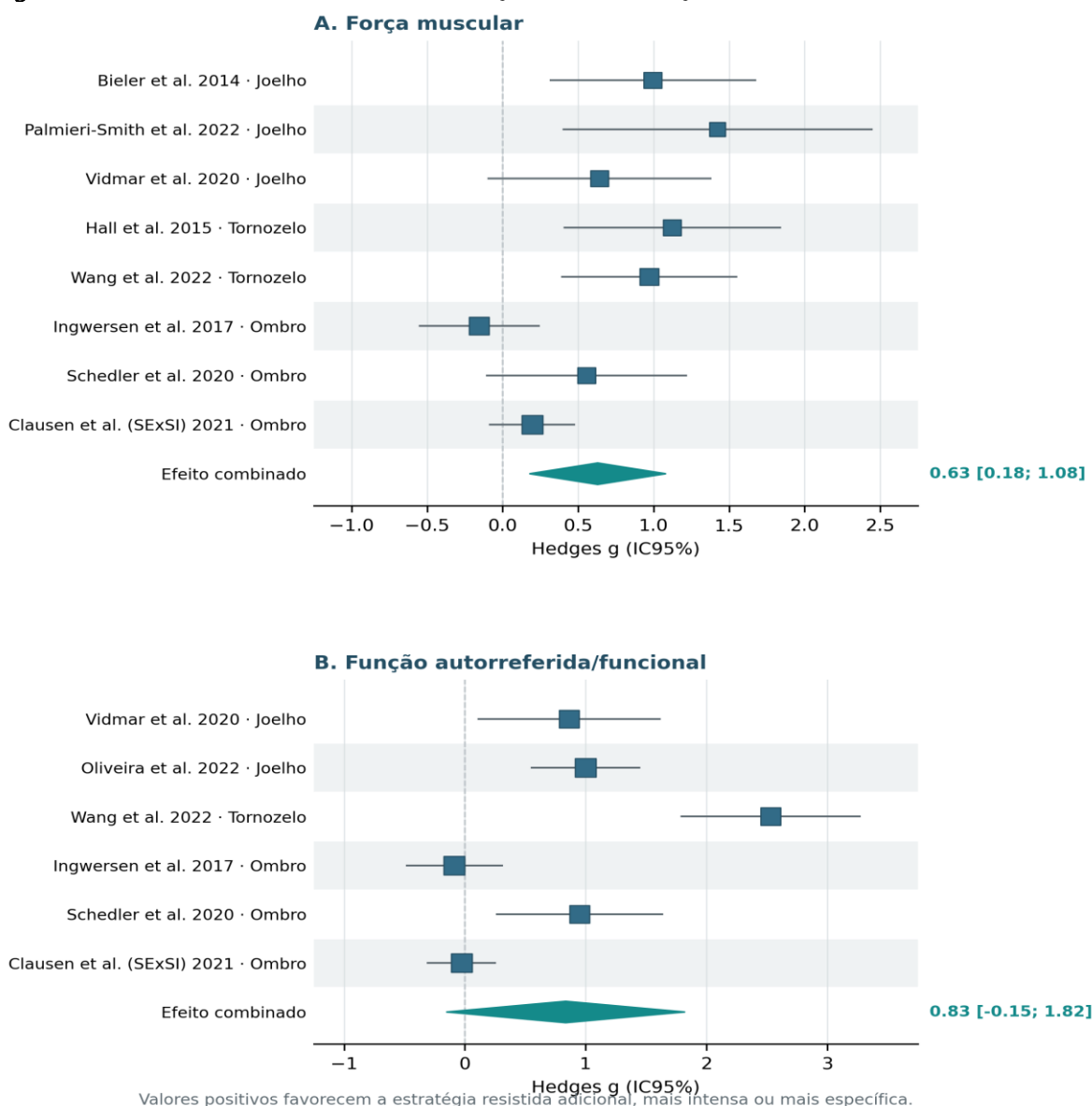
Nos estudos envolvendo o joelho, o treinamento excêntrico isocinético promoveu aumento do torque muscular, da área de secção transversa do quadríceps e dos escores da escala *Lysholm* quando comparado ao treinamento excêntrico de carga constante (VIDMAR et al., 2020). Além disso, o treinamento unilateral direcionado ao membro doador favoreceu a recuperação da simetria entre os membros e melhorou os escores funcionais da escala *Lysholm*, enquanto o treinamento bilateral proporcionou maiores ganhos de força no membro reconstruído (OLIVEIRA et al., 2022). Em indivíduos submetidos à meniscectomia, a associação entre restrição do fluxo sanguíneo e reabilitação convencional aumentou o torque relativo, a espessura do quadríceps e a função, sem relato de eventos adversos relacionados à intervenção (KE et al., 2022).

Nos estudos sobre tornozelo, protocolos com duração de seis semanas promoveram aumento da força dos músculos eversores e inversores e, em alguns estudos, melhora do equilíbrio dinâmico e do desempenho no teste *side-hop*. Entretanto, os efeitos sobre a propriocepção permaneceram inconsistentes. Enquanto Docherty et al. (1998) observaram melhora do senso de posição articular, Smith et al. (2012) não identificaram melhora significativa do senso de força. Em participantes com instabilidade crônica do tornozelo, protocolos específicos de fortalecimento melhoraram a força muscular e o equilíbrio, embora, em diversos desfechos, as diferenças absolutas entre os grupos tenham sido de pequena magnitude (HALL et al., 2015; HALL et al., 2018).

Nos estudos envolvendo o ombro, programas de fortalecimento realizados com faixas elásticas ou dispositivos domiciliares promoveram melhora da força muscular e redução dos

escores do *Shoulder Pain and Disability Index* (SPADI) em comparação ao controle passivo (SCHEDLER et al., 2020). Entretanto, o treinamento com alta carga não demonstrou superioridade em relação ao treinamento com baixa carga quanto aos ganhos de força, aos escores do *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) ou às alterações ultrassonográficas, segundo a análise por intenção de tratar (INGWERSEN et al., 2017). Da mesma forma, a aplicação de uma dose adicional de fortalecimento não produziu benefícios adicionais sobre os escores do SPADI ou a força muscular quando comparada ao cuidado usual (CLAUSEN et al., 2021). Em indivíduos com rupturas parciais do manguito rotador, exercícios excêntricos e concêntricos apresentaram tolerabilidade e evolução clínica semelhantes ao longo da reabilitação (MACÍAS-HERNÁNDEZ et al., 2021).

Figura 2 – Efeitos do exercício resistido sobre força muscular e função



Nota: quadrados representam estimativas dos estudos, linhas horizontais os IC95% e losangos os efeitos combinados. Modelo de efeitos aleatórios REML com intervalo de Hartung-Knapp; correlação pré-pós assumida $r=0,50$ quando necessária. Fonte: elaboração própria.

3.5 Síntese quantitativa e tradução clínica

A Tabela 2 sintetiza o grau de incerteza das evidências e distingue os resultados estatísticos de suas potenciais implicações clínicas. As classificações apresentadas têm caráter interpretativo e não devem ser consideradas pontos de corte universais. Sua aplicação deve ser contextualizada de acordo com fatores como estabilidade articular, tipo de procedimento

realizado, fase do processo de cicatrização e resposta clínica individual ao programa de reabilitação.

Tabela 2 – Síntese dos achados quantitativos e implicações para a prescrição

Domínio	Base empírica	Estimativa e incerteza	Interpretação	Implicação clínica
Força	8 ensaios; joelho, tornozelo e ombro	$g=0,63$ (IC95% $0,18-1,08$); $I^2=71,9\%$; IP95% $-0,54-1,80$	Benefício médio, porém variável entre contextos	Progredir carga quando técnica e sintomas estiverem estáveis; monitorar torque e simetria
Função	6 ensaios; escalas e testes distintos	$g=0,83$ (IC95% $-0,15-1,82$); $I^2=91,4\%$; IP95% $-1,86-3,53$	Evidência imprecisa; força não garante função	Associar escalas validadas e tarefas específicas; não liberar apenas pelo ganho de força
Morfologia	3 ensaios com AST, espessura ou ultrassom	Sem combinação válida; Vidmar: $g=0,69$ (IC95% $-0,05-1,43$)	Sinal de hipertrofia, mas poucos dados e medidas incompatíveis	Usar medidas estruturais como complemento, não como meta isolada
Robustez	Sensibilidades e leave-one-out	Força: $g=0,54-0,78$ com $r=0,30-0,70$; leave-one-out $0,56-0,75$	Direção estável, magnitude dependente das premissas	Evitar prescrição universal baseada no efeito médio
Risco de viés	15 ensaios	Baixo: 5; algumas preocupações: 8; alto: 2	Confiança limitada por amostras pequenas e mascaramento difícil	Preferir progressão documentada, avaliação cega e seguimento de eventos adversos

Nota: AST, área de secção transversa; g, Hedges g; IC95%, intervalo de confiança de 95%; IP95%, intervalo preditivo de 95%. Fonte: elaboração própria.

4 DISCUSSÃO

4.1 Síntese dos principais achados

Os resultados desta revisão sistemática demonstram que o exercício resistido adicional, de maior intensidade ou mais específico promoveu um efeito combinado favorável sobre a força muscular. Embora a magnitude média do efeito seja clinicamente relevante, o amplo intervalo

preditivo, que incluiu o efeito nulo, e a elevada heterogeneidade observada entre os estudos indicam que esse benefício pode variar consideravelmente conforme o contexto clínico. Dessa forma, as evidências sustentam a utilização do exercício resistido progressivo como componente fundamental da reabilitação musculoesquelética, mas não permitem afirmar a superioridade universal de uma técnica específica, de um determinado tipo de exercício ou de uma intensidade de carga para todas as situações clínicas. Da mesma forma, os resultados relacionados à função apresentaram maior grau de incerteza, indicando que os ganhos de força muscular, isoladamente, não são suficientes para explicar a recuperação funcional.

Parte dessa variabilidade pode ser atribuída a dois fatores principais. O primeiro refere-se à heterogeneidade dos grupos comparadores, uma vez que alguns ensaios compararam o exercício resistido com intervenções mínimas ou controle passivo, enquanto outros confrontaram diferentes estratégias ativas de treinamento. O segundo fator está relacionado à diversidade das condições clínicas incluídas na metanálise. Em uma mesma estimativa foram agrupados estudos envolvendo reabilitação pós-operatória do joelho, instabilidade crônica do tornozelo e lesões do manguito rotador ou síndrome do impacto do ombro, condições que apresentam diferenças quanto ao processo de cicatrização, ao grau de irritabilidade dos tecidos, às limitações funcionais e aos instrumentos utilizados para mensuração dos desfechos. Assim, o efeito combinado deve ser interpretado como uma estimativa global da direção do benefício do exercício resistido, e não como uma magnitude de efeito diretamente aplicável a todas as articulações, lesões ou fases da reabilitação.

4.2 Adaptações neuromecânicas

A melhora do torque muscular observada entre seis e 12 semanas é compatível com adaptações predominantemente neurais que caracterizam as fases iniciais do treinamento de força, incluindo aumento do recrutamento de unidades motoras, redução da inibição muscular artrogênica e maior coordenação entre músculos agonistas e antagonistas. No joelho, a especificidade do treinamento excêntrico e da resistência aplicada durante a marcha provavelmente potencializou o estímulo mecânico sobre o quadríceps, favorecendo os ganhos de força. No tornozelo, exercícios direcionados aos movimentos de inversão e eversão podem contribuir para a recuperação da capacidade funcional dos estabilizadores laterais e para o aprimoramento das respostas frente a perturbações posturais. Em contraste, nos estudos

envolvendo o ombro, protocolos com maior carga ou maior volume de treinamento não demonstraram superioridade consistente em relação a estratégias menos intensas, possivelmente porque fatores como dor, mecanismos compensatórios envolvendo o músculo deltoide e limitações na adesão ao tratamento restringem o carregamento efetivo do manguito rotador.

O estudo brasileiro de Oliveira et al. (2022) demonstrou que a organização do treinamento modifica o tipo de adaptação obtida. O treinamento unilateral direcionado ao membro doador promoveu maior recuperação da simetria entre os membros, enquanto o treinamento bilateral proporcionou maiores ganhos de força no membro reconstruído. Esses resultados reforçam o princípio da especificidade do treinamento, segundo o qual diferentes estímulos produzem adaptações distintas, e podem ser parcialmente explicados pelo fenômeno do déficit bilateral, em que a produção de força por membro tende a ser menor durante contrações bilaterais simultâneas do que durante ações unilaterais. Evidências obtidas em indivíduos saudáveis também demonstram diferenças na ativação neuromuscular entre estratégias unilaterais e bilaterais; entretanto, a extrapolação desses achados para indivíduos em reabilitação pós-operatória deve ser realizada com cautela (BOTTON et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2022).

As evidências relacionadas ao controle neuromecânico ainda permanecem limitadas. Poucos estudos avaliaram diretamente variáveis como atividade eletromiográfica, taxa de desenvolvimento de força ou parâmetros cinemáticos do movimento, e os resultados referentes à propriocepção em indivíduos com instabilidade do tornozelo mostraram-se inconsistentes. Dessa forma, embora o aumento da força muscular possa ser considerado um importante indicador de adaptação neuromuscular durante a reabilitação, esse desfecho não substitui medidas diretas capazes de demonstrar alterações na organização do controle motor e na função neuromuscular.

4.3 Adaptações fisiológicas e estruturais

A aplicação progressiva de tensão mecânica constitui um dos principais estímulos para a ativação de vias de síntese proteica e, ao longo do treinamento, pode promover aumento da área de secção transversa e da espessura muscular. Os resultados observados no ensaio de

Vidmar et al. (2020), que demonstrou aumento da área de secção transversa do quadríceps, e no estudo de Ke et al. (2022), que identificou aumento da espessura muscular após treinamento associado à restrição do fluxo sanguíneo, são consistentes com esse mecanismo fisiológico. Entretanto, não foi possível realizar uma metanálise dos desfechos morfológicos, em razão da elevada heterogeneidade entre os estudos. Apenas um estudo apresentou dados comparáveis referentes à área de secção transversa, outro avaliou diferentes músculos e múltiplos momentos de acompanhamento, apresentando os resultados exclusivamente em figuras, e o estudo envolvendo o ombro investigou alterações tendíneas por meio de desfechos categóricos, inviabilizando a combinação quantitativa das evidências.

O treinamento com restrição do fluxo sanguíneo representa uma alternativa potencialmente útil para promover adaptações musculares utilizando baixas cargas externas, especialmente em situações nas quais a dor ou a proteção dos tecidos limitam a aplicação de cargas elevadas. No entanto, as evidências disponíveis ainda são limitadas, uma vez que o estudo conduzido após meniscectomia apresentou pequeno tamanho amostral e curto período de acompanhamento. Além disso, a utilização dessa técnica requer avaliação prévia das condições vasculares, determinação individualizada da pressão de oclusão, supervisão adequada durante o treinamento e monitoramento sistemático de eventos adversos. Dessa forma, os achados desta revisão não sustentam sua aplicação indiscriminada na prática clínica. Essa interpretação está de acordo com a revisão de Hughes et al. (2017), que reconhece o potencial clínico da restrição do fluxo sanguíneo, mas destaca a heterogeneidade das evidências disponíveis e a necessidade de criteriosa seleção dos pacientes.

4.4 Implicações para a prescrição clínica

A prescrição do exercício resistido deve ser orientada, inicialmente, pelo principal objetivo terapêutico, seja recuperar a força muscular máxima, reduzir assimetrias entre os membros, aumentar a capacidade de tolerância dos tecidos às cargas mecânicas, desenvolver potência muscular ou favorecer a transferência dos ganhos obtidos para tarefas funcionais específicas. A seleção da carga inicial deve considerar a estabilidade articular, a intensidade da dor, a presença de derrame, a amplitude de movimento segura e as restrições inerentes ao procedimento cirúrgico ou à lesão. A progressão do treinamento pode ser realizada por meio do aumento da carga, do número de repetições ou de séries, da amplitude de movimento, da

velocidade de execução, da complexidade das tarefas ou da redução gradual da assistência, sendo recomendável monitorar sistematicamente a resposta clínica imediata e tardia do paciente.

Os estudos incluídos nesta revisão demonstraram que os protocolos associados aos melhores resultados foram, em sua maioria, realizados duas a três vezes por semana, durante seis a 12 semanas, utilizando duas a quatro séries e progressão da carga ou da dificuldade quando os participantes atingiam o número de repetições previamente estabelecido. Em indivíduos saudáveis, evidências indicam que cargas elevadas, duas a três séries por exercício e frequência mínima de duas sessões semanais favorecem os ganhos de força muscular (CURRIER et al., 2026). Entretanto, esses parâmetros devem ser interpretados como referências gerais e não como valores iniciais obrigatórios para indivíduos em reabilitação de lesões articulares. Assim, a progressão da carga deve estar condicionada à manutenção da qualidade técnica do movimento e à ausência de aumento persistente da dor, edema ou perda funcional nas 24 horas subsequentes ao treinamento.

As características da articulação acometida também devem ser consideradas durante a prescrição. Na reabilitação do joelho, a combinação de exercícios em cadeia cinética aberta e fechada para os músculos extensores e flexores, respeitando a fase da reabilitação, pode favorecer a recuperação da força muscular e da simetria entre os membros. A avaliação periódica do torque muscular e dos índices de simetria é importante para evitar que a recuperação relativa entre os membros oculte déficits bilaterais de força. No tornozelo, exercícios resistidos em diferentes planos de movimento devem ser associados ao treinamento de equilíbrio, aterrissagem e mudanças de direção, uma vez que o aumento da força muscular, isoladamente, não promoveu melhora consistente da propriocepção. Para o ombro, a progressão da carga deve respeitar a tolerância individual e a evolução clínica, considerando que os estudos incluídos não demonstraram benefícios consistentes da utilização de volumes adicionais de treinamento em comparação ao cuidado usual. Nessa articulação, a qualidade da execução dos exercícios, a adesão ao tratamento e o adequado controle escapular permanecem componentes relevantes do processo de reabilitação.

A decisão de progredir o treinamento não deve basear-se exclusivamente em uma única medida de desempenho. A utilização de escalas funcionais validadas, como a *Lysholm*, *Cumberland Ankle Instability Tool* (CAIT), *Shoulder Pain and Disability Index* (SPADI) e

Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH), complementa a avaliação realizada por meio da dinamometria, dos testes de salto (*hop tests*), dos testes de equilíbrio e de outras tarefas funcionais específicas (PECCIN et al., 2006). Dessa forma, a evolução clínica deve ser fundamentada na melhora consistente de múltiplos desfechos, associada à ausência de respostas adversas clinicamente relevantes durante o processo de reabilitação.

4.5 Segurança e limitações

Eventos adversos graves foram incomuns nos ensaios, mas a capacidade de detectar eventos raros foi baixa. O SExSI registrou exacerbações de sintomas em proporções semelhantes entre grupos, enquanto os estudos de órtese resistiva e restrição de fluxo não relataram eventos graves. A ausência de evento em amostras pequenas não equivale a segurança universal, especialmente no pós-operatório precoce ou em pessoas com risco vascular.

Esta revisão apresenta limitações. A busca utilizou duas bases indexadas e não incluiu literatura cinzenta; o protocolo não foi registrado; diagnósticos, intervenções e desfechos foram heterogêneos; a correlação pré-pós precisou ser imputada em parte dos estudos; algumas medidas estavam disponíveis apenas em figuras; e as metanálises continham menos de dez estudos, impedindo avaliação confiável de viés de publicação. Além disso, força foi um substituto indireto para adaptação neural e os dados morfológicos foram insuficientes para síntese robusta.

20

Essas limitações justificam interpretar os resultados como evidência de direção e não como protocolo fechado. Ensaios futuros devem registrar previamente o plano, relatar aderência e eventos, usar dinamometria e medidas neuromecânicas padronizadas, estratificar por fase de cicatrização e comparar doses com trabalho total equivalente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exercício resistido progressivo produz melhora média de força na reabilitação de lesões articulares, mas a magnitude varia amplamente entre joelho, tornozelo e ombro. A evidência de transferência para função é imprecisa, e os dados diretos sobre hipertrofia, arquitetura tecidual e controle neuromecânico ainda são limitados.

A prescrição clínica deve ser individualizada, orientada pelo objetivo e progressiva. Modalidade, intensidade e volume devem acompanhar a fase biológica, a irritabilidade, a

qualidade do movimento e a resposta em 24 horas. Treinamento unilateral, ação excêntrica, isocinético, faixas elásticas e restrição de fluxo são ferramentas possíveis, não soluções universais.

Em síntese, recuperar força é necessário, mas não suficiente. A alta deve integrar força, simetria, função autorreferida, controle motor e desempenho de tarefas específicas. A principal implicação desta revisão é substituir prescrições rígidas por progressão monitorada e documentada, mantendo prudência diante da heterogeneidade e do risco de viés.

REFERÊNCIAS

1. BIELER T, et al. The effects of high-intensity versus low-intensity resistance training on leg extensor power and recovery of knee function after ACL-reconstruction. *BioMed Research International*, 2014; 2014: 278512. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/278512>.
2. BORENSTEIN M, et al. Introduction to meta-analysis. Chichester: Wiley, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470743386>.
3. BOTTON CE, et al. Neuromuscular adaptations to unilateral vs. bilateral strength training in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2016; 30(7): 1924-1932. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001125>.
4. CLAUSEN MB, et al. Effectiveness of adding a large dose of shoulder strengthening to current nonoperative care for subacromial impingement: a pragmatic, double-blind randomized controlled trial (SExSI trial). *American Journal of Sports Medicine*, 2021; 49(11): 3040-3049. DOI: <https://doi.org/10.1177/03635465211016008>.
5. CURRIER BS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Resistance training prescription for muscle function, hypertrophy, and physical performance in healthy adults: an overview of reviews. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2026; 58(4): 851-872. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003897>.
6. DOCHERTY CL, et al. Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. *Journal of Athletic Training*, 1998; 33(4): 310-314.
7. HALL EA, et al. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Journal of Athletic Training*, 2015; 50(1): 36-44. DOI: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.71>.
8. HALL EA, et al. Balance- and strength-training protocols to improve chronic ankle instability deficits, part I: assessing clinical outcome measures. *Journal of Athletic Training*, 2018; 53(6): 568-577. DOI: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-385-16>.
9. HIGGINS JPT, et al. (ed.). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. 2. ed. Chichester: Wiley, 2019.
10. HUGHES L, et al. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 2017; 51(13): 1003-1011. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>.
11. INGWERSEN KG, et al. Three months of progressive high-load versus traditional low-load strength training among patients with rotator cuff tendinopathy: primary results from the double-blind randomized controlled RoCTEx trial. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2017; 5(8): 2325967117723292. DOI: <https://doi.org/10.1177/2325967117723292>.

12. INTHOUT J, et al. The Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman method for random effects meta-analysis is straightforward and considerably outperforms the standard DerSimonian-Laird method. *BMC Medical Research Methodology*, 2014; 14: 25. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-25>.
 13. KE J, et al. Blood flow restriction training promotes functional recovery of knee joint in patients after arthroscopic partial meniscectomy: a randomized clinical trial. *Frontiers in Physiology*, 2022; 13: 1015853. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1015853>.
 14. KRISTENSEN J e FRANKLYN-MILLER A. Resistance training in musculoskeletal rehabilitation: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 2012; 46(10): 719-726. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.079376>.
 15. MACÍAS-HERNÁNDEZ SI, et al. Tolerance and effectiveness of eccentric vs. concentric muscle strengthening in rotator cuff partial tears and moderate to severe shoulder pain: a randomized pilot study. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 2021; 14: 106-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.07.031>.
 16. OLIVEIRA M, et al. Unilateral versus bilateral resistance exercise in postoperative rehabilitation after ACL reconstruction with bone-patellar tendon-bone graft: a randomized controlled trial. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2022; 10(4): 23259671221088830. DOI: <https://doi.org/10.1177/23259671221088830>.
 17. PAGE MJ, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 2021; 372: n71. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
 18. PALMIERI-SMITH RM, et al. Functional resistance training improves thigh muscle strength after ACL reconstruction: a randomized clinical trial. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2022; 54(10): 1729-1737. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002958>.
 19. PECCIN MS, et al. Specific questionnaire for knee symptoms—the Lysholm Knee Scoring Scale—translation and validation into Portuguese. *Acta Ortopédica Brasileira*, 2006; 14(5): 268-272.
- SANTOS, Cristina Mamédio da Costa; PIMENTA, Cibele Andruccioli de Mattos; NOBRE, Moacyr Roberto Cuce. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 15, n. 3, p. 508-511, 2007. DOI: 10.1590/S0104-11692007000300023.
20. SCHEDLER S, et al. Effects of a traditional versus an alternative strengthening exercise program on shoulder pain, function and physical performance in individuals with subacromial shoulder pain: a randomized controlled trial. *Sports*, 2020; 8(4): 48. DOI: <https://doi.org/10.3390/sports8040048>.
 21. SCHOENFELD BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010; 24(10): 2857-2872. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>.
 22. SHARMA S, et al. Progressive resistance exercises plus manual therapy is effective in improving isometric strength in overhead athletes with shoulder impingement syndrome: a randomized controlled trial. *BioMed Research International*, 2021; 2021: 9945775. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/9945775>.
 23. SMITH BI, et al. Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. *Journal of Athletic Training*, 2012; 47(3): 282-288. DOI: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.06>.
 24. STERNE JAC, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 2019; 366: l4898. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>.
 25. VIDMAR MF, et al. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 2020; 24(5): 424-432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.07.003>.
 26. WANG B, et al. A randomized controlled trial comparing rehabilitation with isokinetic exercises and Thera-Band strength training in patients with functional ankle instability. *PLoS ONE*, 2022; 17(12): e0278284. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278284>.

27. WERNBOM M, et al. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*, 2007; 37(3): 225-264. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>.