



ENTENDENDO OS TEMAS EMERGENTES EM TREINAMENTO, ATIVIDADE FÍSICA E SAÚDE

VOLUME II

Antonio Roberto Doro
Luís Carlos de Oliveira
Wilian Santana
Aylton Figueira Junior
(Organizadores)

ANTONIO ROBERTO DORO
Luís CARLOS DE OLIVEIRA
WILIAN SANTANA
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR
(ORGANIZADORES)

**ENTENDENDO OS TEMAS
EMERGENTES EM TREINAMENTO,
ATIVIDADE FÍSICA E SAÚDE**

VOLUME II

Grupo de Estudos em Treinamento, Atividade Física e Saúde
GETAFIS - USJT

Editora Metrics
Santo Ângelo – Brasil
2024



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

Revisão: Os autores

Capa: Freepik

CATALOGAÇÃO NA FONTE

E61 Entendendo os temas emergentes em treinamento, atividade física e saúde [recurso eletrônico] / organizadores: Antonio Roberto Doro ... [et al.]. - Santo Ângelo : Metrics, 2024.
v. 2

ISBN 978-65-5397-254-4
DOI 10.46550/978-65-5397-254-4

1. Atividade física. 2. Educação física. 3. Treinamento esportivo. I. Doro, Antonio Roberto (org.).

CDU: 179.3

Responsável pela catalogação: Fernanda Ribeiro Paz - CRB 10/ 1720



Rua Antunes Ribas, 2045, Centro, Santo Ângelo, CEP 98801-630

E-mail: editora.metrics@gmail.com

<https://editorametrics.com.br>

Conselho Editorial

Dr. Charley Teixeira Chaves	PUC Minas, Belo Horizonte, MG, Brasil
Dra. Cleusa Inês Ziesmann	UFFS, Cerro Largo, RS, Brasil
Dr. Douglas Verbicaro Soares	UFRR, Boa Vista, RR, Brasil
Dr. Eder John Scheid	UZH, Zurique, Suíça
Dr. Fernando de Oliveira Leão	IFBA, Santo Antônio de Jesus, BA, Brasil
Dr. Glaucio Bezerra Brandão	UFRN, Natal, RN, Brasil
Dr. Gonzalo Salerno	UNCA, Catamarca, Argentina
Dra. Helena Maria Ferreira	UFLA, Lavras, MG, Brasil
Dr. Henrique A. Rodrigues de Paula Lana	UNA, Belo Horizonte, MG, Brasil
Dr. Jenerton Arlan Schütz	UNIJUÍ, Ijuí, RS, Brasil
Dr. Jorge Luis Ordelin Font	CIESS, Cidade do México, México
Dr. Luiz Augusto Passos	UFMT, Cuiabá, MT, Brasil
Dr. Manuel Becerra Ramirez	UNAM, Cidade do México, México
Dr. Marcio Doro	USJT, São Paulo, SP, Brasil
Dr. Marcio Flávio Ruaro	IFPR, Palmas, PR, Brasil
Dr. Marco Antônio Franco do Amaral	IFTM, Ituiutaba, MG, Brasil
Dra. Marta Carolina Gimenez Pereira	UFBA, Salvador, BA, Brasil
Dra. Mércia Cardoso de Souza	ESMEC, Fortaleza, CE, Brasil
Dr. Milton César Gerhardt	URI, Santo Ângelo, RS, Brasil
Dr. Muriel Figueiredo Franco	UZH, Zurique, Suíça
Dr. Ramon de Freitas Santos	IFTO, Araguaína, TO, Brasil
Dr. Rafael J. Pérez Miranda	UAM, Cidade do México, México
Dr. Regilson Maciel Borges	UFLA, Lavras, MG, Brasil
Dr. Ricardo Luis dos Santos	IFRS, Vacaria, RS, Brasil
Dr. Rivetla Edipo Araujo Cruz	UFPA, Belém, PA, Brasil
Dra. Rosângela Angelin	URI, Santo Ângelo, RS, Brasil
Dra. Salete Oro Boff	IMED, Passo Fundo, RS, Brasil
Dra. Vanessa Rocha Ferreira	CESUPA, Belém, PA, Brasil
Dr. Vantoir Roberto Brancher	IFFAR, Santa Maria, RS, Brasil
Dra. Waldimeiry Corrêa da Silva	ULOYOLA, Sevilha, Espanha

Este livro foi avaliado e aprovado por pareceristas *ad hoc*.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	13
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR	
SEÇÃO I: ESTUDO DO TREINAMENTO E SUAS COMPLEXIDADES	15
Capítulo 1 - A IMPORTÂNCIA DA MANIPULAÇÃO DO VOLUME DE TREINO PARA A HIPERTROFIA MUSCULAR	17
GUSTAVO ALMEIDA	
WILIAN DE JESUS SANTANA	
ADRIANO VERAME	
LEONARDO LIMA	
CARLOS SILVA	
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR	
Capítulo 2 - TREINAMENTO DE FORÇA E O INTERVALO AUTO SELECIONADO	31
WILIAN DE JESUS SANTANA	
ADRIANO VERAME	
GUSTAVO ALMEIDA	
CARLOS SILVA	
IGOR VIOLA	
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR	
Capítulo 3 - ESTRATÉGIAS DE PRESCRIÇÃO DE TREINAMENTO AERÓBIO E FORÇA PARA OTIMIZAR A ADESÃO DE INDIVÍDUOS SEDENTÁRIOS COM EXCESSO DE PESO OU OBESIDADE.....	47
CARLOS SILVA	
DIEGO SANTIAGO	
EDUARDO BARBOSA	
LUIS GUSTAVO PINTO	
ADRIANO VERAME	
LEONARDO LIMA	
WILIAN SANTANA	
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR	

**Capítulo 4 - PROMOÇÃO DA ATIVIDADE FÍSICA PARA A SAÚDE,
FRENTE AS DESIGUALDADES SOCIAIS: RESSALTANDO O
PRINCÍPIO DA EQUIDADE..... 69**

LUIS CARLOS DE OLIVEIRA

AYLTON JOSÉ FIGUEIRA JUNIOR

GILDEENE FARIA

ELISABETE DOS SANTOS FREIRE

**Capítulo 5 - IMUNOLOGIA BÁSICA PARA O PROFISSIONAL DE
EDUCAÇÃO FÍSICA..... 85**

HENRIQUE STELZER NOGUEIRA

LEONARDO LIMA

VINICIUS MORALES

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Capítulo 6 - SISTEMA IMUNOLÓGICO E EXERCÍCIO FÍSICO..... 101

HENRIQUE STELZER NOGUEIRA

**Capítulo 7 - EFEITOS DO TREINAMENTO CARDIORRESPIRATÓRIO
E FORÇA SOBRE VALORES PRESSÓRICOS DE INDIVÍDUOS
HIPERTENSOS..... 123**

LEONARDO E.M. LIMA

WILIAN SANTANA

CARLOS SILVA

YURI XAVIER

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

**SEÇÃO II: DESAFIOS DA PROMOÇÃO DA
ATIVIDADE FÍSICA E COMPORTAMENTOS DE
RISCO 141**

**Capítulo 8 - PRESCRIÇÃO DO TREINAMENTO AERÓBIO NA
SÍNDROME METABÓLICA E OBESIDADE 143**

ALEXANDRE B. GOMES

ADRIANO VERAME

LEONARDO LIMA

EDUARDO BARBOSA

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Capítulo 9 - EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBIO E RESISTIDO NA GLICEMIA DE QUEM TEM DIABETES..... 161

ANTONIO ROBERTO DORO

EDUARDO BARBOSA

VINICIUS MORALES

FRANK PEREIRA

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Capítulo 10 - EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBIO: RELAÇÃO COM O CONTROLE GLICEMICO PÓS PRADIAL 179

FRANK J. PEREIRA

ANTONIO ROBERTO DORO

GUSTAVO ALLEGRETTI

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Capítulo 11 - EFEITOS DO ALCOOLISMO NO ESTILO DE VIDA, ATIVIDADE FÍSICA E SAÚDE 189

JOSE EDUARDO HYDES MARCO ANTONIO

ERINALDO LUIS DE ANDRADE

DIEGO SANTIAGO

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Capítulo 12 - CÂNCER E EXERCÍCIO FÍSICO: CONTEXTUALIZAÇÃO E PROPOSTA DE ORGANIZAÇÃO DO TREINAMENTO 199

HENRIQUE STELZER NOGUEIRA

THIAGO BERALDO

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

**SEÇÃO III: AS DISFUNÇÕES ORGÂNICAS
E INATIVIDADE FÍSICA: NOVAS
PERSPECTIVAS 221**

Capítulo 13 - LIPEDEMA: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E POSSÍVEIS INTERVENÇÕES ATRAVÉS DO EXERCÍCIO FÍSICO ... 223

VINÍCIUS HUMBERTO SILVA MORALES PINO

WILIAN SANTANA

DIEGO LOVATTO

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Capítulo 14 - A FIBROMIALGIA E SUAS COMPLEXIDADES: O PAPEL DO EXERCÍCIO E DA NUTRIÇÃO	243
VINÍCIUS HUMBERTO SILVA MORALES PINO	
DIEGO SANTIAGO	
GABRIELLA PEIXOTO RAMOS	
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR	
Capítulo 15 - CIÊNCIA DE DADOS APLICADA AO EXERCÍCIO FÍSICO – CONCEITUAÇÃO	263
HENRIQUE STELZER NOGUEIRA	
Capítulo 16 - CIÊNCIA DE DADOS: APLICAÇÃO REAL NO EXERCÍCIO FÍSICO	277
HENRIQUE STELZER NOGUEIRA	
Capítulo 17 - DESAFIOS E PERCEPÇÕES: BARREIRAS PARA A PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA NO CONTEXTO EDUCACIONAL.....	297
ANDRÉ LUÍS RODRIGUES SANTOS	
GILDEENE DA SILVA FARIAS	
LUIS CARLOS DE OLIVEIRA	
AYLTON FIGUEIRA JÚNIOR	
Capítulo 18 - ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS DO TREINAMENTO EM ALTITUDE	297
WILIAN DE JESUS SANTANA	
DEBORA DE OLIVEIRA CORTEZ	
LEONARDO EMMANUEL LIMA	
DIEGO SANTIAGO	
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR	

APRESENTAÇÃO

O Volume II sobre os “**Temas Emergentes em Treinamento, Atividade Física e Saúde**”, publicação Grupo de Estudos em Treinamento, Atividade Física e Saúde (GETAFIS), vinculado ao Programa de Mestrado e Doutorado em Educação Física da Universidade São Judas Tadeu, representa o compromisso de todos os nossos membros pesquisadores com a sociedade.

Nos últimos 15 anos o **GETAFIS** realizou:

- 4 Simpósios científicos nacionais e internacionais;
- Formou 20 mestres e 14 doutores e 3 pós-doutores;
- Publicou 144 artigos em revistas científicas nacionais e internacionais;
- Publicou 28 capítulos de livros e 8 livros;
- Foi premiado em 7 simpósios nacionais e internacionais;
- Formalizou convênio com Órgãos de Fomento no Brasil (CNPq e Fapesp), além de parcerias com a 17 universidades federais e privadas no Brasil e Hospitais de referência;
- Foram apresentados no período 112 trabalhos científicos em eventos no Brasil e Exterior, dentre outras conquistas;

Desta forma, ao trazer para a sociedade e para os profissionais da Área da Saúde, uma breve prestação de contas, asseguramos o compartilhamento conhecimento produzido, não somente no Ebook: **Temas Emergentes em Treinamento, Atividade Física e Saúde, Volume II**, mas também no Canal do YouTube (www.youtube.com/@getafis) e pelo Instagram (@getafis_usjt).

Pela importância do IV Simpósio Internacional de Treinamento, Atividade Física e Saúde, materializa-se neste Ebook,

as linhas e conteúdos científicos do GETAFIS de 2023 até 2024.

Que em 2025, a V edição do Simpósio Internacional e o Volume III do Ebook, Temas Emergentes, possa contribuir com a redução das lacunas científicas na Área do Treinamento, Atividade Física e Saúde.

Excelente leitura e maravilhoso evento. Veja no Youtube todas as palestras do III e IV Simpósio.

Abraço forte!

PROF. DR. AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Docente Programa de Mestrado e Doutorado - USJT/SP

Coordenador do GETAFIS



SEÇÃO I

ESTUDO DO TREINAMENTO E SUAS COMPLEXIDADES

Capítulo 1

A IMPORTÂNCIA DA MANIPULAÇÃO DO VOLUME DE TREINO PARA A HIPERTROFIA MUSCULAR

GUSTAVO ALMEIDA

WILIAN DE JESUS SANTANA

ADRIANO VERAME

LEONARDO LIMA

CARLOS SILVA

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Introdução

Segundo o ACSM (2009), o treinamento de Força (TF) pode ser definido como um programa de exercícios que requer que um grupo muscular exerça força contra alguma resistência (pesos, anilhas, halteres, objetos). E os exercícios são combinações de contrações dinâmicas envolvendo encurtamento e alongamento dos músculos esqueléticos ou contrações estáticas (sem encurtamento dos músculos).

Desta forma, o TF vem sendo utilizado como uma estratégia relevante na melhoria da qualidade de vida das pessoas (MYERS, KOKKINOS e NYELIN, 2019), assim como de grande relevância no aumento do rendimento e da performance não só esportiva, mas como em atividades do nosso cotidiano, como se sentar e levantar-se de uma cadeira, devido ao aumento de força e massa muscular (SCHOENFELD et al., 2021).

O aumento da força, o emagrecimento e a hipertrofia muscular, são algumas das principais adaptações ao TF, e ainda são

os principais motivos (estéticos) que levam às pessoas a iniciarem um programa de treinamento de força (SCHOENFELD et al., 2021; ELSANGEDY et al., 2018; NÓBREGA et al., 2023; ACSM, 2009).

Tais adaptações fisiológicas, são obtidas pela combinação das diferentes variáveis metodológicas do treinamento (DUNGAN et al., 2019; VANN et al., 2020; SCHOENFELD et al., 2021) como a intensidade (peso (kg); velocidade de execução; intervalo de recuperação; amplitude do movimento; volume (número de repetições e séries, ordem e quantidade de exercícios e a frequência do treinamento (semanal, mensal e diária) (ACSM, 2009).

A combinação dessas variáveis no processo de prescrição promove diferentes adaptações, gera efeitos distintos, fato que norteiam a manipulação das cargas de treinamento (SOARES, LOPES e MARCHETTI, 2017). Estudos sobre a manipulação do volume de treinamento estão sendo cada vez mais realizados, e a literatura vem encontrando cada vez mais relação entre o aumento do volume de treino e o aumento da hipertrofia muscular.

Neste contexto, o objetivo deste capítulo é elucidar a importância do volume de treinamento e as suas respostas na hipertrofia muscular, promovendo assim, o melhor entendimento sobre a manipulação desta variável, e aumentando o conhecimento sobre o assunto, desta forma, a melhor capacitação dos profissionais da área da Educação Física para a prescrição de programas de treinamento de força.

O que é volume de treinamento?

O volume de treinamento é uma variável relevante para objetivos do aumento da força e massa muscular. O volume relativo refere-se ao produto das séries e repetições (expressa por meio do número total de repetições). O volume absoluto (carga total levantada) leva em consideração a intensidade utilizada, referindo-se ao produto das séries, repetições e à carga utilizada (expressa em

quilogramas, quilogramas força ou newtons) (ZOURDOS et al., 2016).

O aumento do volume de treinamento em uma sessão de TF pode ser alcançado por meio do aumento do número de repetições, aumento do número de séries, adição de exercícios, aumento da frequência semanal, ou quando todos estes forem mantidos constantes e a carga total levantada for aumentada. Logo, um dos componentes que podemos modificar para alcançar adaptações morfológicas almejadas, de acordo com a direção de carga, é o número de séries por grupamento muscular em uma sessão ou semana de TF. Estudos em que o volume total é equalizado (séries X repetições X carga) as respostas na hipertrofia muscular são semelhantes, independentemente das variáveis, como intervalo de descanso entre séries, escolha de exercício e ordem, intensidade, frequência de treinamento e técnicas avançadas (FIGUEIREDO, SALLES, TRAJANO, 2017). Neste sentido, o volume de treinamento, comumente definido como séries × repetições × carga, é provável que maiores ganhos na hipertrofia muscular possuam uma relação com o aumento no volume de TF (SCHOENFELD et al., 2021).

O que aponta a literatura?

O mecanismo pelo qual o maior volume induz a resultado superior em termos de hipertrofia muscular pode estar relacionado ao aumento da síntese proteica e ativação das vias anabólicas mediadoras de hipertrofia observadas em maiores volumes (RIBEIRO et al, 2014). Ahtiainen (2015) observou maior ativação de vias anabólicas após treino com maior volume, sugerindo que maiores volumes poderiam levar a maior resposta hipertrófica, o autor reporta que há o maior aumento de vias anabólicas após realizar 10 séries comparado a realizar 5 séries. Ainda, o estudo de Hammarstrom (2019) comparando 6 versus 2 séries observou maior sinalização de vias anabólicas para maior volume.

Schoenfield (2019), que pesquisou sobre os mecanismos

da hipertrofia no treinamento, mostrou que grandes volumes de treinamento utilizando séries múltiplas têm se mostrado superiores a protocolos com séries únicas. Em uma comparação entre os efeitos de 1, 3 e 5 séries por exercício na espessura muscular de homens treinados foi observado que a hipertrofia muscular esquelética era mais representativa nos indivíduos que tinham realizado mais séries por exercício.

A literatura tem mostrado de forma convincente que o volume de treinamento de força tem um efeito dose resposta na hipertrofia e por ser uma variável de fácil manipulação pode vir a causar adaptações benéficas em um programa de exercícios. Um maior volume de TR (28-30 séries / músculo / semana) está associado a maiores aumentos na hipertrofia em comparação com o menor volume (6-10 séries / músculo / semana) em populações treinadas e não treinadas (BAZ-VALLE et al, 2021). Contudo, para que isso ocorra, é necessária uma periodização do volume, que se comprehende como a organização de métodos e exercícios físicos planejados e estruturados a curto, médio e longo prazo, em que o volume pode sofrer variações durante sua aplicação.

Uma meta-análise realizada por Schoenfeld, Ogborn e Krieger (2017) incluindo 15 estudos observou uma clara relação de dose-resposta entre quantidade de séries e hipertrofia muscular, na qual ao realizar de 1-4 séries por grupo muscular por semana induz a um ganho de 5%, realizar entre 5-9 séries por grupo muscular por semana induz a um ganho de 7%, enquanto realizar 10 ou mais séries por grupo muscular por semana induz a um ganho de 10%. Os autores estimam que a adição de cada série por semana é equivalente a um ganho de aproximadamente 0,4%.

Schoenfeld e Grigc (2018) forneceram diretrizes sobre a manipulação do volume de treinamento com objetivos de adaptações musculares sobre a força e hipertrofia muscular. Os autores afirmam que o volume de treinamento é uma das variáveis que mais têm chamado atenção sobre sua relação com a hipertrofia muscular e a manipulação do número de séries por grupamento muscular é a maneira mais comum de alterar o volume de treinamento. Os

autores elaboraram um cronograma anual de como periodizar o volume de treino. Os autores afirmam que a progressão do volume possibilita a não estagnação do indivíduo, sendo um aumento de 20-25% do volume semanal a cada 3-5 semanas uma zona segura de progressão benéfica para a hipertrofia, assim como Scarpelli et al (2020), conclui que volumes de treinamentos individualizados em indivíduos treinados resultaram em maiores ganhos hipertróficos em relação à indivíduos treinados não individualizados, no qual a progressão de 20% no número de séries é mais benéfica do que uma vigorosa. Dessa forma, deve ser considerado o histórico de volume de treino anterior do indivíduo, para que a progressão seja gradual, com o intuito de evitar lesões e extrair o maior desempenho de cada etapa.

A razão prática da escolha do volume de treinamento pela contagem das séries é facilidade na aplicação prática para o personal trainer e profissional de sala de musculação. Desta maneira, o estudo de Baz Valle et al. (2021) sugerem que o número total de séries semanais por grupamento muscular pode ser uma variável representativa do volume total de treinamento para controle do volume nas academias, estúdios e centros de treinamento. Devemos recordar que a série na musculação é o conjunto de repetições realizadas de forma ininterrupta, e o número de séries tem relação direta com o volume total do treinamento.

Alguns experimentos vêm sendo conduzidos com alto volume de treino analisando a hipertrofia muscular em sujeitos treinados. Brigatto (2019) investigou os efeitos de 16, 24 e 32 séries semanais por grupo muscular sobre a hipertrofia em homens experientes com o treinamento de força, que realizaram um treinamento com frequência de quatro vezes na semana, adotando uma rotina parcelada em A e B, no qual cada rotina foi realizada duas vezes por semana. Os resultados indicam que todos os grupos apresentaram hipertrofia para os músculos investigados (vasto lateral, bíceps braquial e tríceps braquial) e que executar 32 séries semanais para o vasto lateral e para o tríceps braquial produziu maior hipertrofia em comparação a 16 séries, entretanto, não foi

observada diferença estatisticamente significante entre os grupos para o bíceps, apesar de uma tendência favorecendo maior volume.

Com base nessa relação as intensidades entre 6-20 repetições, em séries realizadas até a falha concêntrica ou próximas a esta, o número total de séries semanais por grupamento muscular pode ser utilizado como variável de controle do volume total de treinamento de forma simples e eficaz. A questão importante dentro da perspectiva do volume de séries é que devemos contabilizar por grupo muscular. Logo, quando realiza o exercício de supino, remada, puxada, leg-press e agachamento. Como poderia calcular o volume de séries por grupo muscular? No exercício supino por exemplo, também tenho trabalho do tríceps, nas remadas tenho ativação dos bíceps, no agachamento dos posteriores de coxa. Para fins, facilitadores aconselho que para 2 séries de supino, seja contabilizada 1 série para tríceps, para cada 2 séries de remadas, seja contabilizada 1 de bíceps e para cada 2 séries de agachamentos/leg-press, seja contabilizada 1 dos posteriores de coxa. Como caráter pedagógico e instrutivo é recomendado um maior volume de treinamento para posteriores de coxa para mulheres, devido a diferenças anatômicas entre os homens, sendo mais suscetível a lesão de LCA e menisco.

Volume de treinamento de força aplicado para idosos

Diversos estudos demonstraram que idosos submetidos ao TF apresentam aumento na força, potência, ativação e massa muscular. A melhora na força decorrente do TF pode ser explicada através de adaptações neurais e morfológicas. As principais adaptações neurais ao TF consistem no aumento no recrutamento das unidades motoras (UMs), bem como no aumento na frequência de disparo das UMs. Já as adaptações morfológicas incluem o aumento da área de secção transversa (AST) fisiológica muscular, bem como no aumento na espessura muscular, ângulo de penação das fibras e modificações nas isoformas de cadeia pesada de miosina e conversão de fibras do subtipo IIX para IIa. Recomenda-se a

inclusão do TF de intensidade moderada a alta (65-85% da força máxima) na rotina dessa população para a melhora da função neuromuscular (Cadore et. al; 2012).

Segundo Lixandrão (2020) o envelhecimento está associado ao declínio da massa muscular esquelética e, consequentemente, a reduções nos níveis de funcionalidade. Nesse contexto, o treinamento de força (TF) é um estímulo potente para o aumento da massa muscular nessa população. Entretanto, a magnitude da hipertrofia ao TF é heterogênea, variando desde indivíduos que não apresentam aumentos significativos de massa muscular (ou seja, pouco responsivos) até aqueles com ganhos expressivos (ou seja, muito responsivos). Sugere-se que essa variabilidade esteja associada a um estímulo insuficiente e/ou inadequado de exercício, e não à incapacidade para se adaptar ao exercício. O autor investigou se a variabilidade inter-indivíduos da resposta hipertrófica ao TF em idosos é afetada pela manipulação do volume da sessão.

Adicionalmente, investigou-se o efeito da manipulação do volume de TF sobre marcadores moleculares relacionados à responsividade, ou seja, expressão total das proteínas UBF, Frizzled-1, c-Myc, rpL3 e TRIM24, associadas à regulação da biogênese ribossomal. O desenho experimental foi composto de 10 semanas de TF (2 sessões por semana) no exercício cadeira extensora unilateral. Cada uma das pernas de um determinado indivíduo foi alocada aleatoriamente, considerando a dominância, em um dos dois modelos de treino a serem testados: 1) uma única série de 8-15 repetições máximas e; 2) quatro séries de 8-15 repetições máximas. Antes e após o período de intervenção, os voluntários foram submetidos a um exame de imagem por ressonância magnética, teste de uma reprodução máxima e biópsias musculares (vasto lateral). Os principais resultados demonstraram que manipulações do volume de TF aumentam a magnitude da resposta hipertrófica e diminuem em ~80% o número de indivíduos pouco responsivos ao TF.

Para as vias de regulação da biogênese ribossomal, são recomendados aumentos na expressão das proteínas rpL3 e

Frizzled-1 e uma tendência de aumento para a UBF. Essas respostas foram acompanhadas por um aumento da concentração total de RNA no músculo esquelético, favorecendo o protocolo de TF com maior volume. Desta maneira, foi apresentado como desfecho do estudo de Lixandrão (2020) que existe uma alta variabilidade de resposta hipertrófica em resposta ao TF em idosos; entretanto, essa resposta pode ser modulada pela manipulação do volume de TF. Especificamente, foi observado um aumento tanto da magnitude da resposta hipertrófica quanto uma diminuição do número de indivíduos pouco responsivos ao TF em função do aumento do volume de treinamento. Essa resposta foi parcialmente acompanhada por aumentos na regulação de vias relacionadas à biogênese de ribossomos, bem como aumentos da concentração total de RNA. Dessa maneira, sugere-se que a prescrição do TF em idosos, em especial ao que diz respeito ao volume de exercício, seja realizada de maneira individualizada, para que, assim, se otimize os ganhos de massa muscular nessa população.

De maneira geral, às recomendações do treino de força, as organizações internacionais de saúde e a literatura científica são unâimes ao recomendarem a sua incorporação nos programas de exercício físico. Desta forma, o treino de força deverá ser realizado no mínimo 2 vezes por semana, a uma intensidade superior a 65% a 85% de 1RM, entre 1 a 4 séries de 6 a 15 repetições de 8 a 10 exercícios, durante 20 a 30 minutos, devendo ser solicitado os principais grupos musculares. Todavia, protocolos em indivíduos frágeis e pré-frágeis o volume semanal deverá ser baixo e moderado demonstrando positivos em promover adaptações ao organismo, sendo capazes de não só induzir ao aumento de massa muscular, mas também de aumentar os índices de hipertrofia das fibras tipos 2 de maneira segura e eficiente.

Assim sendo, para obter melhorias significativas, não somente na massa muscular, mas também na densidade óssea em idosos, são recomendados maiores volumes de treinamento de força (TF). A literatura tem mostrado que os idosos se beneficiam do treinamento de resistência progressivo, principalmente quando

o volume é aumentado. Por exemplo, em um outro estudo de Lixandrão et al., (2024), descobriu que os não respondedores ao treinamento de baixo volume apresentaram ganhos significativos de hipertrofia e força muscular quando submetidos a volumes maiores. Além disso, uma revisão sistemática revelou que o treinamento resistido de alto volume (TR-HV) melhora significativamente a força muscular e a aptidão funcional, especialmente após 12 semanas (ROCHA et al., 2023). Além disso, foi demonstrado que o treino de resistência progressivo aumenta simultaneamente a força muscular e a densidade mineral óssea (DMO), com frequências e volumes de treino mais elevados favorecendo melhorias de força (O'BRYAN et al., 2022). No geral, uma abordagem estruturada que incorpore volumes de treino mais elevados é essencial para maximizar os benefícios nesta população.

No entanto, é importante notar que existe variabilidade individual na resposta ao treino de força, com alguns idosos apresentando melhorias menos pronunciadas apesar de volumes mais elevados (SANTANA et al., 2021).

Assim sendo, ao longo deste capítulo abordamos a importância do volume de treinamento na hipertrofia muscular, sendo esta uma das principais manipuláveis dentro do treinamento quando se trata de ganhos em aumento da espessura muscular e de que, portanto, manipular o volume de treino é crucial para otimizar a hipertrofia muscular e melhorar a saúde geral.

Todavia, pesquisas indicam que um maior volume de treinamento de resistência pode melhorar significativamente o crescimento muscular, especialmente em indivíduos que podem não responder bem a volumes mais baixos. Por exemplo, idosos apresentaram maior hipertrofia muscular quando submetidos a maiores volumes de treinamento, sugerindo uma relação dose-resposta entre volume e área de secção transversa muscular (AST) (LIXANDRÃO et al., 2024). Além disso, indivíduos treinados podem experimentar uma maior precisão do crescimento muscular quando o seu volume de treino é aumentado além dos níveis habituais (HAMMERT et al., 2023). Além disso, estudos destacam

que o volume moderado de treino não só melhora a AST muscular, mas também ativa vias de sinalização importantes relacionadas ao crescimento muscular, como a biogênese dos ribossomos (HAMMARSTRÖM et al., 2019;). No geral, estas descobertas sublinham a importância de ajustar o volume de treino para maximizar as respostas hipertróficas e promover benefícios gerais para a saúde.

No entanto, é essencial notar que nem todos os indivíduos respondem uniformemente ao aumento do volume de treino, indicando a necessidade de abordagens de treino personalizadas para alcançar resultados ótimos (BUCKNER et al., 2023).

Referências

ACSM. American College of Sports Medicine. Position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison. Vol. 41. Núm. 3. p.687-708. 2009.

AHTIAINEN JP, Walker S, Silvennoinen M, Kyrolainen H, Nindl BC, Hakkinen K, et al. Exercise type and volume alter signaling pathways regulating skeletal muscle glucose uptake and protein synthesis. **Eur J Appl Physiol**. 2015;115(9):1835-45.

BAZ-VALLE, Eneko; FONTES-VILLALBA, Maelán; SANTOS-CONCEJERO, Jordan. Total number of sets as a training volume quantification method for muscle hypertrophy: a systematic review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 3, p. 870-878, 2021

BUCKNER, Samuel L. et al. The dose-response relationship between resistance training volume and muscle hypertrophy: there are still doubts. **Journal Of Trainology**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 29-36, 5 dez. 2023. Active Aging Research Center.

DUNGAN CM, Murach KA, Frick KK, Jones SR, Crow SE, Englund DA, Vechetti IJ Jr, Figueiredo VC, Levitan BM, Satin J, McCarthy JJ, Peterson CA. Elevated myonuclear density during

skeletal muscle hypertrophy in response to training is reversed during detraining. **Am J Physiol Cell Physiol.** 2019 May 1;316(5):C649-C654.

EDUARDO Lusa Cadore, Ronei Silveira Pinto, Luiz Fernando Martins Kruel. Adaptações neuromusculares ao treinamento de força e concorrente em homens idosos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano** 14 (4) • 2012

ELSANGEDY H.M., Machado D.G.D.S, Krinski K., Duarte DO Nascimento P.H., DE Amorim Oliveira G.T, Santos T.M., Hargreaves E.A., Parfitt G. Let the Pleasure Guide Your Resistance Training Intensity. **Med Sci Sports Exerc.** 2018 Jul;50(7):1472-1479

FIGUEIREDO, V. C.; DE SALLES, B. F.; TRAJANO, G. S. Volume for Muscle Hypertrophy and Health Outcomes: The Most Effective Variable in Resistance Training. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 499–505, 11 mar. 2018.

HAMMARSTRÖM D, Øfsteng S, Koll L, Hanestadhaugen M, Hollan I, Apro W, et al. Benefits of higher resistance-training volume depends on ribosome biogenesis. **bioRxiv**. 2019:666347.

HAMMARSTRÖM, Daniel *et al.* Benefits of higher resistance-training volume are related to ribosome biogenesis. **The Journal Of Physiology**, [S.L.], v. 598, n. 3, p. 543-565, 15 jan. 2020.

LIXANDRÁO, Manoel Emílio. Efeito do volume de treinamento de força sobre a variabilidade da hipertrofia muscular em idosos. 2020. Tese (Doutorado em Estudos Biodinâmicos da Educação Física e Esporte) - **Escola de Educação Física e Esporte, University of São Paulo**, São Paulo, 2020. doi:10.11606/T.39.2020.tde-13052021-150429. Acesso em: 2024-09-11.

MCKENDRy J, Coletta G, Nunes EA, Lim C, Phillips SM. Mitigating disuse-induced skeletal muscle atrophy in ageing: Resistance exercise as a critical countermeasure. **Exp Physiol.** 2024 Oct;109(10):1650-1662.

MYERS J, Kokkinos P, Nyelin E. Physical Activity, Cardiorespiratory Fitness, and the Metabolic Syndrome. **Nutrients**. 2019 Jul 19;11(7):1652.

NÓBREGA S.R., Scarpelli M.C., Barcelos C., Chaves T.S., Libardi C.A. Muscle Hypertrophy Is Affected by Volume Load Progression Models. **J Strength Cond Res**. 2023 Jan 1;37(1):62-67.

O'BRYAN, Steven J. *et al.* Progressive Resistance Training for Concomitant Increases in Muscle Strength and Bone Mineral Density in Older Adults: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, [S.L.], v. 52, n. 8, p. 1939-1960, 24 maio 2022. Springer Science and Business Media LLC.

RIBEIRO AS, Nascimento MA, Mayhew JL, Ritti-Dias RM, Avelar A, Okano AH, et al. Reliability of 1RM test in detrained men with previous resistance training experience. **Isokinetic Exerc Sci**. 2014;22:137-43.

SCARPELLI, Maíra C. *et al.* Muscle hypertrophy response is affected by previous resistance training volume in trained individuals. **J Strength Cond Res**, v. 27, 2020.

SCHOENFELD BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **J Sports Sci**. 2017;35(11):1073-82.

SCHOENFELD, B., Fisher, J., Grgic, J., Haun, C., Helms, E., Phillips, S., Steele, J., & Vigotsky, A. (2021). Resistance Training Recommendations to Maximize Muscle Hypertrophy in an Athletic Population: Position Stand of the IUSCA. **International Journal of Strength and Conditioning**.

SCHOENFELD, Brad J. *et al.* Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 51, n. 1, p. 94, 2019.

SCHOENFELD, Brad; GRGIC, Jozo. Evidence-based guidelines

for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. **Strength & Conditioning Journal**, v. 40, n. 4, p. 107-112, 2018.

SCHOENFELD, Brad; GRGIC, Jozo. Evidence-based guidelines for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. **Strength & Conditioning Journal**, v. 40, n. 4, p. 107-112, 2018.

SILVA, F; Ramalho, A., Duarte-Mendes, P. & Marinho, D. (2018). Recomendações para o treino de força em idosos: uma breve revisão da literatura. **Revista Científica da Universidade do Mindelo**, 5 (2), 43-55.

SOARES EG, Lopes CR, Marchetti PH. Efeitos agudos e adaptações neuromusculares decorrente da manipulação de volume e densidade no treinamento de força (2017). **Revista CPAQV**, v.12, n. 3, p. 18.

VANN C.G., Osburn S.C., Mumford PW, Roberson P.A., Fox C.D., Sexton C.L., Johnson M.R., Johnson JS, Shake J., Moore J.H., Millevoi K., Beck D.T., Badisa V.L.D., Mwashote B.M., Ibeanusi V., Singh R.K., Roberts M.D. Skeletal Muscle Protein Composition Adaptations to 10 Weeks of High-Load Resistance Training in Previously-Trained Males. **Front Physiol**. 2020 Mar 26;11:259.

ZOURDOS, M.C. et al. Novel Resistance Training-Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s.l.], v. 30, n. 1, p.267-275, Jan. 2016.

Capítulo 2

TREINAMENTO DE FORÇA E O INTERVALO AUTO SELECIONADO

WILIAN DE JESUS SANTANA

ADRIANO VERAME

GUSTAVO ALMEIDA

CARLOS SILVA

IGOR VIOLA

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

O treinamento de força, resistido ou com peso — conhecido como musculação — já tem um consenso sobre os seus efeitos no ganho de massa muscular e na redução da gordura corporal (Fleck e Kraemer, 2006). Inclusive, o próprio Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACMS) define essa modalidade como um programa de exercícios que requer que um grupo muscular exerça força contra alguma resistência (ACMS, 2009). Por esse motivo, essa estratégia tem sido relevante na melhoria da qualidade de vida das pessoas (Myers, Kokkinos e Nyelin, 2019), além, é claro, de ser utilizada por atletas que buscam melhorar o desempenho em suas atividades esportivas (Schoenfeld et al., 2021).

Entretanto, o que buscamos detalhar neste capítulo é a importância das variáveis do treinamento de força, pois elas desempenham um papel central na otimização do desempenho físico e na promoção das adaptações fisiológicas resultantes do treinamento de força. Diversos autores, como Fleck e Kraemer (2006), destacam que a manipulação de variáveis como volume, intensidade, intervalos de recuperação, seleção de exercícios, número de séries e repetições, bem como a velocidade de execução, influência

diretamente o tipo e a magnitude das respostas adaptativas, tanto no sistema neuromuscular quanto no sistema cardiovascular. Essas variáveis não apenas determinam o estímulo imposto ao organismo, mas também regulam como o corpo se adapta ao longo do tempo, promovendo aumentos na força muscular.

A interação entre essas variáveis, portanto, torna-se um aspecto crítico do planejamento de qualquer programa de treinamento de força. A escolha correta de cada uma delas não apenas potencializa os resultados desejados, mas também minimiza o risco de lesões e de estagnação nos ganhos, comum quando não se ajusta melhor a progressão de carga. Estudos que investigam as adaptações fisiológicas ao treinamento de força indicam que, ao ajustar essas variações com precisão, é possível melhorar o recrutamento de fibras musculares e a ativação de vias metabólicas essenciais, como a via AKT/mTOR, responsável pelo aumento da síntese proteica e pelo desenvolvimento muscular.

O treinamento de força (TF) evoluiu para se tornar uma das práticas físicas mais amplamente utilizadas, tanto para objetivos relacionados ao aumento de força muscular, hipertrofia e potência (De Salles et al., 2009; ACMS et al., 2009), quanto para finalidades terapêuticas e preventivas. Esse tipo de treinamento tem sido utilizado de forma eficaz em programas de reabilitação cardiovascular e pulmonar, além de ser uma ferramenta essencial no gerenciamento de diversas condições metabólicas, como diabetes e obesidade (Thompson, 2016). Além disso, no contexto do treinamento esportivo, o TF se destaca como uma base fundamental para o desempenho atlético. Sua contribuição para a prevenção de lesões, desenvolvimento de habilidades motoras e preparação física específica em diversos esportes torna-o um componente crucial para o sucesso a longo prazo. Por essas razões, a adoção do Treinamento de Força, seja em um ambiente clínico, recreativo ou esportivo, tem sido cada vez mais necessária.

O músculo esquelético é composto por fibras musculares que se dividem em: fibras do tipo I (vermelhas), que realizam contrações lentas e duradouras, e fibras do tipo IIa e IIx (brancas),

de contração rápida, com alta capacidade de produção de força, velocidade e potência (Guyton e Hall, 1997). Vale lembrar que essas respostas fisiológicas ao exercício são altamente dependentes da predisposição genética e podem ser afetadas por fatores como sexo, estado físico, nutrição, tipo de exercício, protocolo e periodização do treinamento (Falk e Eliakim, 2014).

É importante entendermos que as adaptações neuromusculares são maximizadas pela manipulação das variáveis do TF, como volume, intensidade, frequência semanal, escolha e ordem dos exercícios, velocidade de execução, ações musculares, amplitude de movimento e o intervalo de recuperação (ACMS., 2009; Ratamés et al., 2014). Este último tem sido estudado com mais ênfase nas últimas décadas (Senna et al., 2015), pois a recuperação é considerada uma variável crucial nos programas de TF agudo (Ratamés et al., 2014; De Souza et al., 2010), além de ser utilizada com diferentes objetivos de treinamento, afetando diretamente o volume de treino (Senna et al., 2009).

A maioria do público que frequenta a academia de musculação ou pratica o treinamento de força em suas diversas variações buscam primordialmente a hipertrofia muscular que é decorrente da supercompensação associada ao treinamento. Em termos fisiológicos, o processo adaptativo está associado a diferentes fatores, como angiogênese, biogênese mitocondrial, ativação da via AKT/Mtor, aumento da área de secção transversa da musculatura. Desta forma, após determinado estímulo, há queda do rendimento devido ao acúmulo de fatores estressores, o que promove a manifestação da fadiga muscular (Fernandes et al., 2008; Vigh-Larsen et al., 2021).

Intervalos de recuperação inferiores a 1 minuto podem comprometer de maneira significativa a reposição das reservas de energia muscular, especialmente as de creatina fosfato (CP) e adenosina trifosfato (ATP). O ATP, que desempenha um papel central na produção de energia durante o exercício, necessita entre 3 e 5 minutos para ser completamente regenerado após a realização de atividades extenuantes. Por outro lado, as reservas de CP, que

fornecem suporte para exercícios de alta intensidade, precisam de aproximadamente 8 minutos para uma recuperação total (Weir et al., 1994). A insuficiência na reposição desses compostos resulta em um desempenho muscular reduzido, especialmente em sessões subsequentes de treinamento, visto que o músculo não estará energeticamente preparado para sustentar os mesmos níveis de intensidade. Assim, intervalos de recuperação inadequados podem limitar os benefícios do treinamento de força e impactar negativamente os ganhos de desempenho e hipertrofia muscular, sendo fundamental considerar esse aspecto ao planejar a sessão de treino.

Outro fator de grande relevância que influencia o desempenho e o volume de treino durante as sessões de treinamento de força (TF) é o aumento dos níveis de concentração de lactato, que frequentemente ocorre durante exercícios intensos (Fleck e Kraemer, 2006; Kraemer et al., 1987). A produção elevada de lactato é uma resposta natural do organismo ao exercício intenso, sendo que os níveis de lactato tendem a se normalizar em um intervalo de 4 a 10 minutos após a realização de atividades de alta intensidade. Durante períodos de recuperação inferiores a esse, a concentração de íons de hidrogênio (H^+) se eleva, levando a uma diminuição do pH intracelular. Essa acidose metabólica resultante é um fator determinante para a fadiga muscular, uma vez que afeta a função das enzimas e a capacidade de contração das fibras musculares (Simão et al., 2008). Portanto, a gestão adequada dos intervalos de recuperação não apenas impacta na reposição das reservas energéticas, mas também desempenha um papel crítico na mitigação dos efeitos da fadiga muscular, garantindo que os praticantes possam manter a intensidade do treinamento e, consequentemente, maximizar os ganhos de força e hipertrofia.

As recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACMS) envolvem intervalos de 2 a 3 minutos entre as séries para exercícios multiarticulares, e de 1 a 2 minutos para os monoarticulares (ACMS, 2009). Aplicando o princípio da individualidade biológica (Tubino, 1984, p. 100), devemos lembrar

que cada indivíduo responde de forma diferente a cada estímulo, certo? Sim! Agora me diga, quantos de vocês realmente respeitam essa recomendação? E, se não respeitam, por quê?

Esse tema levantou um grande ponto de interrogação na minha cabeça e me fez refletir bastante. Na academia, vejo a galera treinando e, nos intervalos de descanso, utilizando o celular, caminhando até o bebedouro, entre outras estratégias para descansar. Porém, pouquíssimos controlam o tempo de descanso, e quando controlam, não seguem as recomendações. Será porque aquilo foi prescrito assim ou simplesmente porque escolheram? Este tema foi assunto para uma revisão sistemática (Santana et al., 2024), onde concluiu que o intervalo de 3 e 4 minutos são eficazes para treinamento de intensidade altas para adultos treinados.

Mas como escolheram? Talvez pela própria percepção? E o que leva uma pessoa a descansar mais ou menos? São muitas perguntas que surgem quando começamos a discutir esse assunto. E vocês sabiam que existe uma metodologia de descanso que envolve justamente essa estratégia de “descansar o quanto quiser”? Sim! Chama-se intervalo auto selecionado (Goesler et al., 2013), e isso pode até favorecer o rendimento final no treinamento (Ibbot et al., 2019). Entretanto Santana et al., (2024), enfatizam que os estudos selecionados para a revisão, demonstraram que quando os indivíduos tinham essa metodologia disponível (auto selecionada), utilizaram tempos próximos de 3 e 4 minutos entre séries. Além disso, a percepção subjetiva de esforço pode ser uma estratégia a ser incorporada a essa metodologia de recuperação, indicando qual intensidade é percebida pelo praticante.

O estudo de Schoenfeld et al. (2021) sugere que, à medida que o indivíduo se torna mais experiente e treinado, a magnitude das mudanças em relação à hipertrofia e ao ganho de força tende a diminuir, devido ao desenvolvimento de um “platô fisiológico”. Nesse contexto, a manipulação das variáveis de treinamento se torna fundamental para introduzir novos estímulos que possam romper esse platô (Nóbrega et al., 2023). Em sua pesquisa sobre os mecanismos da hipertrofia, Schoenfeld (2019) demonstrou que

protocolos de treinamento com volumes maiores, utilizando séries múltiplas, são superiores aqueles com séries únicas para promover hipertrofia.

A literatura indica que a intensidade e o volume dos programas de treinamento podem ser manipulados por meio de diferentes sistemas, gerando maior estresse mecânico e fisiológico. Esse estresse está associado ao aumento da força muscular, ao aumento dos níveis de testosterona e à síntese de proteínas miofibrilares, o que contribui para a hipertrofia (Korak et al., 2017). Além disso, volumes e intensidades elevadas, típicas de alguns sistemas de treinamento, mostram uma relação entre o acúmulo de lactato sanguíneo e a hipertrofia muscular. Almeida et al. (2019) apresentou um brilho positivo entre a hipertrofia e a concentração sérica de testosterona e hormônios do crescimento (GH).

Sistemas de treinamento que aumentam o volume total são vantajosos para respostas fisiológicas relacionadas à hipertrofia, considerando o conceito de dose-resposta. Schoenfeld et al. (2019) evidenciaram que maiores volumes de treinamento estão associados aos maiores ganhos em hipertrofia, tanto sujeitos em treinados quanto não treinados. A intensidade e o volume de treino, por meio de aumento de repetições, séries, adição de exercícios ou aumento da carga total, são fundamentais para a promoção de adaptações morfológicas e neuromusculares (Figueiredo, Salles e Trajano, 2017).

Ahtiainen (2015) confirmou uma maior ativação de vias anabólicas em treinos com maior volume, sugerindo que esse aumento no volume das séries pode levar a uma maior resposta hipertrófica. Estudos como o de Hammarstrom (2019) corroboram essa ideia, mostrando que séries adicionais aumentam a sinalização de vias anabólicas. A relação dose-resposta é evidente, com maiores volumes de treino promovendo maior hipertrofia muscular (Schoenfeld et al., 2021).

Além das respostas fisiológicas, o treinamento também pode influenciar o estado afetivo, como o prazer e o bem-estar, e

melhorar a eficiência física e a composição corporal (Silva et al., 2023). O aumento da força, emagrecimento e hipertrofia muscular são as principais adaptações do treinamento de força (TF) e relevantes os principais motivos pelos quais indivíduos iniciam esse tipo de treinamento (Schoenfeld et al., 2021; Elsangedy et al., 2018; Nóbrega et al., 2018; Nóbrega et al., 2023).

A combinação de variáveis de treinamento, como volume, intensidade e descanso entre séries, é essencial para diferentes adaptações (Soares, Lopes e Marchetti, 2017). Embora o intervalo de recuperação (IR) entre séries seja um componente relevante na manipulação das cargas, ainda não há consenso na literatura sobre o melhor tempo de descanso para maximizar hipertrofia ou força máxima. Alguns estudos indicam que intervalos mais longos proporcionam maiores volumes de treino e melhores ganhos de força (Villanueva et al., 2014), enquanto intervalos curtos podem aumentar a concentração de GH e lactato, sem necessariamente influenciar diretamente a hipertrofia muscular (Fink, Kikuchi e Nakazato, 2016).

Miranda et al. (2007, 2009), Rahimi (2005) e Tibana et al. (2013) confirmam que intervalos mais longos (>3 minutos) resultam em maior número de repetições e menor índice de fadiga, apoiando a recuperação das fontes de energia (ATP e CP) e a remoção de lactato após exercícios de alta intensidade (Simão, Polito e Monteiro, 2008). Por outro lado, intervalos curtos podem gerar maior fadiga, redução do número de repetições e do volume total do treino (De Salles et al., 2009).

Por fim, o intervalo de recuperação auto selecionado (IR-AS) tem ganhado atenção na literatura como uma alternativa que promove autonomia ao praticante. Estudos como o de De Salles et al. (2016) e Sosciarelli e Polito (2019) mostram que o IR-AS pode ser tão eficaz quanto o intervalo fixo em manter o volume total de treino. No entanto, variações individuais no tempo de descanso podem impactar a percepção subjetiva de esforço e o desempenho durante o treino (Ibbott et al., 2019b).

Assim, embora ainda existam dúvidas e debates na literatura científica sobre qual seria o intervalo de recuperação ideal para maximizar os ganhos em hipertrofia e força, é evidente que a manipulação adequada de variáveis como volume, intensidade e intervalo de descanso desempenha um papel crucial na otimização das adaptações musculares. Cada um desses fatores deve ser cuidadosamente considerado e ajustado de acordo com as necessidades e características específicas de cada indivíduo, garantindo assim que o treinamento seja efetivo e direcionado aos objetivos pessoais (De Salles et al., 2009). Essa abordagem individualizada permite que os praticantes alcancem resultados mais satisfatórios, minimizando os riscos de *overtraining* e fadiga excessiva, ao mesmo tempo em que promove um ambiente propício para o desenvolvimento de força e massa muscular. Portanto, a compreensão e aplicação dessas variáveis se torna essencial para a elaboração de programas de treinamento eficazes que atendam às demandas físicas e psicológicas dos indivíduos.

No estudo de Simão et al. (2022), foram analisados os efeitos de intervalos de recuperação auto selecionados comparados aos intervalos fixos. A pesquisa mostrou que o número de repetições foi maior no grupo com intervalo auto selecionado, enquanto os ganhos de força não diferiram significativamente entre os métodos. Os autores ressaltaram que, mesmo com essa variação no volume de treino, a praticidade do intervalo auto selecionado se destaca. Ele não exige um controle rigoroso do tempo de descanso e ainda assim proporciona ganhos equivalentes de força ao longo de um período de 8 semanas. Além disso, essa flexibilidade permite que o praticante ajuste o tempo de recuperação de acordo com sua percepção de fadiga, o que pode melhorar a adesão ao programa de treinamento e otimizar os resultados, principalmente para pessoas com rotinas variadas. Ao longo do estudo, observou-se que essa abordagem também facilita a adaptação individual ao exercício, promovendo uma experiência de treino mais intuitiva e personalizada.

O intervalo de descanso entre séries é um fator crucial que

influencia diretamente o volume total de treino, o que, por sua vez, afeta os ganhos de força a longo prazo. A escolha do tempo de recuperação deve ser estrategicamente ajustada aos objetivos individuais de cada praticante. Para aqueles que têm como meta maximizar o volume de treino — partindo da premissa de que volumes maiores favorecem tanto a hipertrofia quanto o ganho de força — o intervalo auto selecionado pode se mostrar mais eficiente. Desde que o número de séries seja mantido, essa abordagem permite flexibilidade e personalização, otimizando o desempenho sem sacrificar os resultados. Ao dar maior controle ao praticante sobre seu tempo de descanso, essa técnica não só facilita a progressão gradual, mas também ajuda na adaptação fisiológica e mental ao exercício (Simão et al., 2022).

Em outra pesquisa, Behenck et al. (2022) investigaram os efeitos de intervalos de recuperação fixos de 1, 2 e 3 minutos em comparação com o intervalo auto selecionado em indivíduos recreacionalmente treinados. Os resultados indicaram que o intervalo auto selecionado permitiu a conclusão da sessão de treino em um tempo significativamente menor do que o intervalo fixo de 3 minutos, sem prejudicar o desempenho. Além disso, essa abordagem mostrou-se eficaz ao garantir que a eficiência do treino fosse mantida, sugerindo que a flexibilidade no tempo de descanso pode otimizar a execução de sessões intensas.

Considerando que muitas pessoas procuram métodos de treino que maximizem o desempenho em um tempo reduzido, o intervalo auto selecionado apresenta-se como uma estratégia eficaz para otimizar tanto o tempo de treino quanto os resultados. Ele tem demonstrado ser comparável a intervalos fixos de 2 minutos em termos de número de repetições, volume total de treino e eficiência. Isso sugere que essa abordagem pode ser ideal para aqueles que desejam focar não apenas no desempenho, mas também na eficiência, garantindo treinos intensos com economia de tempo sem comprometer os resultados esperados.

Concluindo, podemos afirmar que o treinamento de força (TF) envolve uma complexa interação de variáveis que precisa ser

cuidadosamente manipulada para promover adaptações otimizadas, como hipertrofia muscular e aumento da força. A revisão das evidências científicas sugere que a manipulação de variáveis como volume, intensidade e, especialmente, o intervalo de recuperação entre as séries desempenha um papel central na indução de respostas anabólicas e neuromusculares. Embora o volume total seja um determinante crucial para a hipertrofia, a escolha do intervalo entre as séries também exerce influência sobre o desempenho, a fadiga e o estímulo anabólico durante o TF.

O intervalo de recuperação, em especial, tem sido mostrado um ponto controverso, com diferentes estudos apresentando evidências de que intervalos mais curtos podem promover maior acúmulo de lactato e concentrações de hormônios do crescimento (GH), ao passo que intervalos mais longos favorecem a recuperação de ATP e CP, além de manter o desempenho nas séries subsequentes. Essa variabilidade torna o intervalo de recuperação uma ferramenta poderosa, mas complexa, na prescrição do treinamento. A escolha do intervalo pode ser feita de maneira a maximizar os ganhos, dependendo do objetivo específico do exercício, seja ele hipertrofia, força ou potência muscular.

Nesse contexto, a metodologia do intervalo auto selecionado surge como uma abordagem interessante para praticantes mais experientes. A capacidade de autorregular ou descanso com base na percepção subjetiva do esforço pode proporcionar maior autonomia ao atleta ou praticante, permitindo que ele ajuste o tempo de recuperação de acordo com sua sensação de fadiga e as demandas da sessão de treinamento. Estudos como os de De Salles et al. (2016) e Ibbott et al. (2019) demonstraram que a seleção automática do intervalo pode ser tão eficaz quanto intervalos pré-determinados, com o benefício adicional de promover uma maior individualização do treino.

Na nossa visão, o intervalo auto selecionado se destaca como uma estratégia especialmente válida para indivíduos treinados, que possuem a capacidade de distinguir com precisão a intensidade dos exercícios e ajustar o tempo de descanso de acordo com

suas necessidades fisiológicas e cognitivas. Para esses praticantes, essa abordagem pode não apenas melhorar o desempenho, mas também prevenir a fadiga precoce durante sessões mais intensas, promovendo, assim, um ambiente de treino mais eficiente e personalizado. Dessa forma, acreditamos que a implementação dessa metodologia, quando bem aplicada, pode ser uma excelente ferramenta para melhorar o treinamento de força.

Referências

- ACSM (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, 41(3), 687–708.
- AHTIAINEN, J. P.; Pakarinen, A.; Alen, M.; Kraemer, W. J.; Häkkinen, K. (2005). Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. **Journal of strength and conditioning research**, 19(3), 572–582.
- BEHENCK, C.; Sant'Ana, H.; Pinto de Castro, J. B.; Willardson, J. M.; Miranda, H. (2022). The Effect of Different Rest Intervals Between Agonist-Antagonist Paired Sets on Training Performance and Efficiency. **Journal of strength and conditioning research**, 36(3), 781–786.
- BORG, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and science in sports and exercise**, 14(5), 377-381.
- CAIRNS S. P. (2006). Lactic acid and exercise performance : culprit or friend?. **Sports medicine** (Auckland, N.Z.), 36(4), 279–291
- DE MORREE, H. M.; Klein, C.; Marcora, S. M. (2012). Perception of effort reflects central motor command during movement execution. **Psychophysiology**, 49(9), 1242-1253.
- DE SALLES, B. F.; Polito, M. D.; Goessler, K. F.; Mannarino, P.; Matta, T. T.; Simão, R. (2016). Effects of fixed vs. self-suggested

rest between sets in upper and lower body exercises performance. **European journal of sport science**, 16(8), 927–931.

DE SALLES, B. F.; Simão, R.; Miranda, F.; Novaes, J. S.; Lemos, A.; Willardson, J. M. (2009). Rest interval between sets in strength training. **Sports medicine** (Auckland, N.Z.), 39(9), 765–777.

FERNANDES, T.; Soci, U. P. R.; Alves, C. R.; Carmo, E. C.; Barros, J. G.; Oliveira, E. M. (2008). Determinantes moleculares da hipertrofia do músculo esquelético mediados pelo treinamento físico: estudo de vias de sinalização. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, 7(1).

FIGUEIREDO, T.; Willardson, J. M.; Miranda, H.; Bentes, C. M.; Machado Reis, V.; De Salles, B. F.; Simão, R. (2016). Influence of Rest Interval Length Between Sets on Blood Pressure and Heart Rate Variability After a Strength Training Session Performed By Prehypertensive Men. **Journal of strength and conditioning research**, 30(7), 1813–1824.

FINK, J.; Kikuchi, N.; Nakazato, K. (2018). Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. **Clinical physiology and functional imaging**, 38(2), 261–268.

GOESSLER, K. F.; Polito, M. D. (2013). Effect of fixed and self-suggested rest intervals between sets of resistance exercise on post-exercise cardiovascular behavior. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, 15, 467-475.

GRGIC, J.; Lazinica, B.; Mikulic, P.; Krieger, J. W.; Schoenfeld, B. J. (2017). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. **European journal of sport science**, 17(8), 983–993.

HIGGINS, J. P.; Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Statistics in medicine**, 21(11), 1539-1558..

- IBBOTT, P.; Ball, N.; Welvaert, M.; Thompson, K. G. (2019a). The Effect of Self-Paced and Prescribed Inter-Set Rest Strategies on Performance in Strength Training. **International journal of sports physiology and performance**, 14(7), 980–986.
- IBBOTT, P.; Ball, N.; Welvaert, M.; Thompson, K. G. (2019b). Variability and Impact of Self-Selected Interset Rest Periods During Experienced Strength Training. **Perceptual and motor skills**, 126(3), 546–558.
- LOPES, C. R.; Crisp, A. H.; Schoenfeld, B.; Ramos, M.; Germano, M. D.; Verlengia, R.; Mota, G. R.; Marchetti, P. H.; Aoki, M. S. (2018). Effect of rest interval length between sets on total load lifted and blood lactate response during total-body resistance exercise session. **Asian Journal of Sports Medicine**, 9(2).
- RAHIMI, R. (2005). Effect of different rest intervals on the exercise volume completed during squat bouts. **Journal of sports science & medicine**, 4(4), 361.
- RAHIMI, R.; Qaderi, M.; Faraji, H.; Boroujerdi, S. S. (2010). Effects of very short rest periods on hormonal responses to resistance exercise in men. **Journal of strength and conditioning research**, 24(7), 1851–1859.
- RATAMESS, N. A.; Falvo, M. J.; Mangine, G. T.; Hoffman, J. R.; Faigenbaum, A. D.; Kang, J. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. **European journal of applied physiology**, 100(1), 1–17.
- RATAMESS, N. A.; Rosenberg, J. G.; Kang, J.; Sundberg, S.; Izer, K. A.; Levowsky, J.; Rzeszutko, C.; Ross, R. E.; Faigenbaum, A. D. (2014). Acute oxygen uptake and resistance exercise performance using different rest interval lengths: the influence of maximal aerobic capacity and exercise sequence. **Journal of strength and conditioning research**, 28(7), 1875–1888.
- SANTANA, W. D. J.; Bocalini, D. S.; João, G. A.; Caperuto, E. C.; Araujo, I. P. D.; Figueira Junior, A. (2023). Recuperação entre

Séries o Treino de Força: Revisão Sistemática e Meta-Análise.
Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 30, e2021_0037.

SCHOENFELD, B. J. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports medicine**, 43, 179-194.

SCOTT, B. R.; Duthie, G. M.; Thornton, H. R.; Dascombe, B. J. (2016). Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. **Sports medicine** (Auckland, N.Z.), 46(5), 687–698.

SENNA, G. W.; Willardson, J. M.; Scudese, E.; Simão, R.; Queiroz, C.; Avelar, R.; Martin Dantas, E. H. (2016). Effect of Different Interset Rest Intervals on Performance of Single and Multijoint Exercises With Near-Maximal Loads. **Journal of strength and conditioning research**, 30(3), 710–716.

SENNA, G.; De Salles, B. F.; Prestes, J.; Mello, R. A.; Roberto, S. (2009). Influence of two different rest interval lengths in resistance training sessions for upper and lower body. **Journal of sports science & medicine**, 8(2), 197–202.

SIMÃO, R.; Polito, M.; De Salles; B. F.; Marinho, D. A.; Garrido, N. D.; Junior, E. R. T. S.; Willardson, J. M. (2022). Acute and Long-Term Comparison of Fixed vs. Self-Selected Rest Interval Between Sets on Upper-Body Strength. **Journal of strength and conditioning research**, 36(2), 540–544.

SIMÃO, R.; Polito, M.; Monteiro, W. (2008). Efeito de diferentes intervalos de recuperação em um programa de treinamento de força para indivíduos treinados. **Revista brasileira de medicina do esporte**, 14, 353-356.

SOSCIARELLI, V.; Polito, M. (2019). Intervalo De Recuperação Auto-Sugerido: Efeito Agudo Na Quantidade De Repetições E Na Densidade De Treinamento Em Homens Treinados. **Rev Bras Ciência e Mov**, 27(3), 122.

TIBANA, R. A.; Vieira, D. C.; Tajra, V.; Bottaro, M.; de Salles, B. F.; Willardson, J. M.; Prestes, J. (2013). Effects of rest interval

length on Smith machine bench press performance and perceived exertion in trained men. **Perceptual and motor skills**, 117(3), 682–695.

TUBINO, Manoel José Gomes. (1984). Metodologia científica do treinamento desportivo. 3^a edição. São Paulo: Ibrasa.

VIGH-LARSEN, J. F.; Ørtenblad, N.; Spriet, L. L.; Overgaard, K.; Mohr, M. (2021). Muscle glycogen metabolism and high-intensity exercise performance: a narrative review. **Sports medicine**, 51(9), 1855-1874.

VILLANUEVA, M. G.; Lane, C. J.; Schroeder, E. T. (2015). Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8 weeks of strength resistance training in older men. **European journal of applied physiology**, 115(2), 295–308.

WILLARDSON, J. M., & Burkett, L. N. (2006). The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. **Journal of strength and conditioning research**, 20(2), 396–399.

Capítulo 3

ESTRATÉGIAS DE PRESCRIÇÃO DE TREINAMENTO AERÓBIO E FORÇA PARA OTIMIZAR A ADESÃO DE INDIVÍDUOS SEDENTÁRIOS COM EXCESSO DE PESO OU OBESIDADE

CARLOS SILVA

DIEGO SANTIAGO

EDUARDO BARBOSA

LUIS GUSTAVO PINTO

ADRIANO VERAME

LEONARDO LIMA

WILIAN SANTANA

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

No fun, no gain. O prazer é incompatível com o exercício físico e o emagrecimento?

O excesso de peso e a obesidade atualmente atinge cerca de dois terços da população adulta no Brasil. E o cenário tende a piorar, a previsão é de que esse número cresça cerca de 2% ao ano. Em uma década, quase 80% dos brasileiros estarão enfrentando esses problemas de saúde pública (WORLD OBESITY FDERATION, 2024).

Cerca de 47% dos adultos e 83% dos jovens entre 11 e 19 anos são considerados inativos fisicamente no Brasil. E não é só uma questão nacional, o problema é global. Nos anos 2000, cerca

de 23% da população mundial não atingia a quantidade mínima recomendada de atividade física — cerca de 150 minutos semanais em intensidade moderada. Esse número subiu para 26% em 2010 e alcançou 31% em 2022 (STRAIN; FLAXMAN; GUTHOLD; SEMENOVA *et al.*, 2024).

A inatividade física está diretamente ligada a cerca de 2 milhões de mortes por ano e é responsável por um declínio na saúde física geral. É responsável por duas vezes mais mortes do que a obesidade e contribui para o aumento da mortalidade precoce por todas as causas (EKLUND; WARD; NORAT; LUAN *et al.*, 2015; GUTHOLD; STEVENS; RILEY; BULL, 2018).

Embora os números sobre excesso de peso e obesidade sejam alarmantes, a realidade da perda e manutenção de peso é ainda mais complexa. Quando olhamos para a probabilidade de uma pessoa com excesso de peso ou obesidade retornar ao peso normal, os dados não são muito otimistas.

Um estudo abrangente com cerca de 170 mil participantes revelou que a chance de reduzir 5% do peso corporal ou atingir o peso normal é bastante baixa. Para homens, a probabilidade é de apenas 1 para cada 1.290, enquanto para mulheres, é 1 para cada 677. E não para por aí: mesmo quando as pessoas conseguem reduzir ou atingir o peso desejado, cerca de 52% delas recuperam o peso perdido em menos de 2 anos. Em até 5 anos, esse número sobe para cerca de 80%. Emagrecer é um desafio, mas manter o peso perdido é ainda mais difícil (FILDES; CHARLTON; RUDISILL; LITTLEJOHNS *et al.*, 2015).

Essa dificuldade pode ser explicada pela teoria do mínimo esforço. De acordo com essa teoria, nosso corpo tende a evitar qualquer esforço ou gasto energético excessivo. Historicamente, a redução da escassez de alimentos e a diminuição do gasto energético levaram ao acúmulo de energia, resultando em excesso de peso ou obesidade. Quando essas pessoas entram em restrição energética, a maioria acaba recuperando o peso perdido, devido a uma resposta biológica que busca restaurar o equilíbrio energético (CHEVAL;

BOISGONTIER, 2021).

Além disso, um estudo comparativo das estratégias de perda de peso revelou que a restrição calórica severa resulta em uma maior perda de peso nos primeiros 6 meses. No entanto, o reganho de peso após 3 anos faz com que muitos retornem quase ao peso inicial. Entre as estratégias disponíveis, a combinação de exercício físico e dieta hipocalórica se destaca como a mais eficaz para perda de peso sustentável, excluindo as opções farmacológicas (FRANZ; VANWORMER; CRAIN; BOUCHER *et al.*, 2007)

De acordo com um recente consenso do Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM), recomendam cerca de 150 minutos de atividade física por semana, com intensidade moderada a vigorosa. Para a perda de peso, a recomendação sobe para cerca de 200 a 300 minutos semanais de atividade física com intensidade semelhante. Em um período de 8 a 12 semanas, essas atividades podem resultar em uma perda de peso entre 0,5 kg e 3 kg (JAKICIC; APOVIAN; BARR-ANDERSON; COURCOULAS *et al.*, 2024)

As estratégias eficazes para perda e manutenção de peso não se restringem apenas à atividade física. Elas incluem a combinação de restrição calórica associada ao exercício físico, como treinamento aeróbico, treinamento de força, atividades de corpo e mente como yoga, e exercícios de equilíbrio. Quando essas estratégias são associadas a um balanço calórico negativo, elas promovem melhorias significativas na composição corporal. Isso inclui a redução da adiposidade e da gordura visceral, além de melhorias na função muscular, capacidade cardiorrespiratória, força muscular, equilíbrio e qualidade do movimento.

Esses fatores não só contribuem para uma melhor composição corporal, mas também melhoram a saúde geral e a qualidade de vida dos participantes. Contudo, a adesão a esses hábitos pode ser um desafio. Muitas pessoas encontram dificuldades em seguir consistentemente essas recomendações e manter um estilo de vida ativo e saudável.

Uma recente revisão sistemática analisou a adesão às diretrizes de treinamento aeróbico e de força em mais de 31 países, envolvendo mais de 3 milhões de participantes. Os resultados mostraram que apenas 17,15% dos adultos com mais de 18 anos seguem ambas as diretrizes. Entre os adolescentes, de 12 a 17 anos, esse número sobe ligeiramente para 19,45%. Isso significa que, em média, apenas 1 em cada 5 adolescentes e adultos conseguem atingir os níveis recomendados de exercício aeróbico combinado com exercícios de força (GARCIA-HERMOSO; LOPEZ-GIL; RAMIREZ-VELEZ; ALONSO-MARTINEZ *et al.*, 2023).

No Brasil, um estudo avaliou a taxa de abandono entre frequentadores de uma academia de ginástica, monitorando 5.240 pessoas ao longo de 12 meses ou até que desissem das atividades. Os resultados mostraram que a probabilidade de abandono antes do terceiro mês é de 63%. Após 12 meses, menos de 4% das pessoas que começaram o programa de exercícios continuaram praticando. Isso revela que o problema de adesão não se limita apenas às recomendações de saúde em geral, mas também se reflete no ambiente das academias de ginástica (SPERANDEI; VIEIRA; REIS, 2016).

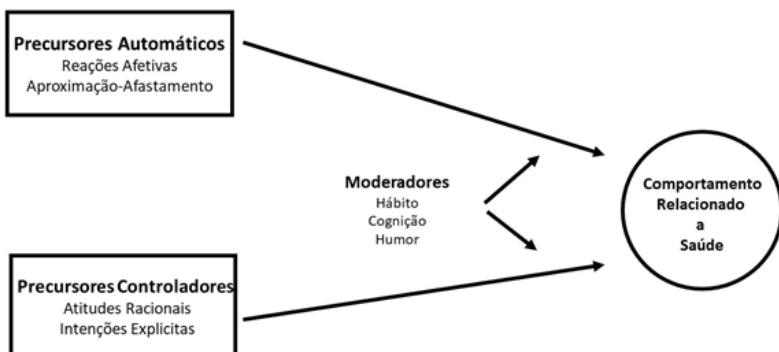
Em 1982, Rod Dishman desafiou os profissionais de Educação Física a encontrarem um equilíbrio entre a prescrição fisiológica ideal e uma prescrição comportamental que fosse viável e atraente para as pessoas. Embora tenhamos feito grandes avanços no entendimento das doses de exercícios que geram adaptações positivas em diversos sistemas do corpo, ainda há uma lacuna importante: não sabemos exatamente qual é a dose de exercício que realmente incentiva a adesão e a manutenção dos programas a longo prazo (DISHMAN, 1982).

O maior desafio para a ciência do exercício, portanto, não é apenas criar programas eficazes para promover adaptações biológicas, mas sim oferecer opções de treinamento que as pessoas queiram adotar voluntariamente, de forma regular, ao longo de suas vidas (EKKEKAKIS; TILLER, 2022).

Até os dias atuais parece que não encontramos a “dose ideal” que encoraja os participantes a se manterem engajados por longos em programas treinamento físico, quando pensamos em exercício físico, nosso cérebro opera com dois tipos de precursores. Os precursores automáticos são reações afetivas instintivas, que nos fazem querer nos aproximar ou evitar determinada atividade, enquanto os precursores controlados envolvem atitudes mais racionais e intenções conscientes. Esses dois precursores, junto com moderadores como hábitos, cognição e humor, determinam se vamos ou não nos engajar em um comportamento relacionado à saúde (CHEVAL; BOISGONTIER, 2021)

Essa ideia faz parte da teoria do processo dual, que ajuda a entender como prever a manutenção de comportamentos de saúde e exercício físico a longo prazo. Em outras palavras, slogans como “*no pain, no gain*” parecem não ser a melhor abordagem para atrair pessoas com excesso de peso ou baixa aptidão física para prática regular de exercício físico. A teoria do processo dual sugere que as reações afetivas automáticas, como a percepção de prazer ou desprazer durante o exercício, são os preditores mais fortes para a manutenção do comportamento relacionado ao exercício físico.

Figura 1 - Modelo de Processo Dual para Previsão adaptado de Cheval & Boisgontier, 2021.



Estrutura do modelo de processo dual para previsão de comportamentos relacionados à saúde

Precursors Automáticos

- **Reações Afetivas:** Respostas emocionais que influenciam a decisão de se aproximar ou evitar comportamentos relacionados à saúde.
- **Aproximação-Afastamento:** Tendências instintivas que levam o indivíduo a se engajar ou não em atividades saudáveis.

Moderadores

Fatores que influenciam a relação entre os precursores e o comportamento:

- **Habitualidade:** A influência dos hábitos estabelecidos nas escolhas de saúde.
- **Carga Cognitiva:** O impacto da capacidade mental disponível na tomada de decisões.
- Humor: Como o estado emocional afeta a motivação para praticar atividades saudáveis.

Precursors Controlados

- **Atitudes Racionais:** Avaliações ponderadas sobre os benefícios e desvantagens de se engajar em comportamentos de saúde.
- **Intenções Explícitas:** Compromissos conscientes de realizar atividades que promovam a saúde.

Comportamento Relacionado à Saúde

- A interseção dos precursores automáticos e controlados, mediada pelos moderadores, resulta em decisões sobre a adoção e manutenção de hábitos saudáveis.

Os profissionais de Educação Física, frequentemente realizam prescrições de treinamento em um modelo bipartido, que foca na eficácia e segurança dos programas de exercício. No entanto, alguns autores sugerem expandir esse conceito para um modelo tripartido, que, além da eficácia e segurança, também leva em consideração o prazer e a sensação de bem-estar durante a prática de exercícios. A percepção de prazer é um fator crucial, pois está diretamente ligada à intenção de repetir a sessão de exercícios e à manutenção do comportamento relacionado ao exercício no médio e longo prazo (LADWIG; HARTMAN; EKKEKAKIS, 2017)

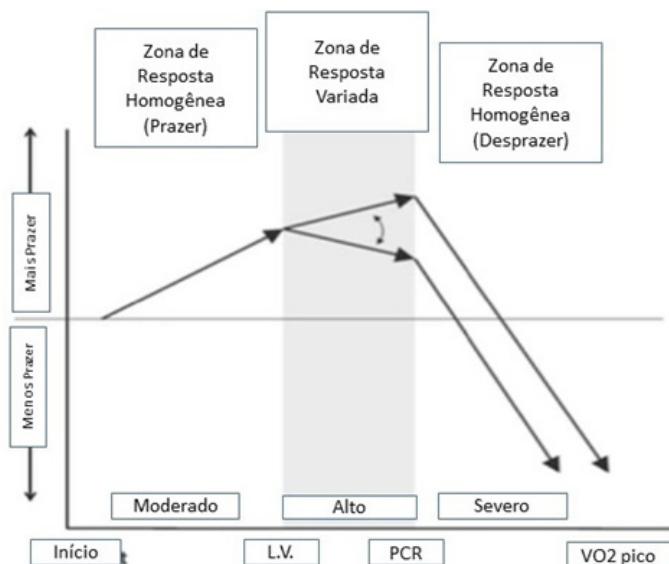
As respostas afetivas ao exercício físico podem ser automáticas ou cognitivas e ocorrem antes, durante ou depois da atividade. Essas variações no afeto podem estar associadas ao comportamento futuro, se um indivíduo continuará ou não com um programa de treinamento. Quando o exercício é percebido como algo prazeroso, há um potencial maior para a manutenção e continuidade da prática a longo prazo (EKKEKAKIS; HALL; PETRUZZELLO, 2005; WILLIAMS, 2008)

Em um estudo com 250 participantes de uma academia de ginástica, acompanhados ao longo de um ano, descobriu-se que apenas 37% mantiveram a prática regular de exercícios, treinando duas vezes por semana ou mais após um ano.. Entre aqueles que continuaram o programa, a percepção de prazer, a sensação de esforço e o desafio de metas foram os principais fatores associados à maior participação no exercício regular. Isso reforça a importância de criar experiências positivas durante a sessão de exercício físico para promover o engajamento a longo prazo (GJESTVANG; ABRAHAMSEN; STENSRUD; HAAKSTAD, 2020)

A teoria do modo dual, sugere que o exercício aeróbico em intensidades moderadas proporciona uma zona de resposta homogênea, onde a maioria das pessoas experimenta uma maior percepção de prazer. Essa zona fisiológica está localizada logo abaixo do primeiro limiar ventilatório. À medida que a intensidade do exercício aumenta, entre o primeiro limiar ventilatório e o ponto de compensação respiratória, entramos em uma zona de intensidade vigorosa, na qual algumas pessoas começam a perceber desprazer, enquanto outras ainda mantêm a sensação de prazer. É uma zona de resposta que varia de pessoa para pessoa (EKKEKAKIS; HALL; PETRUZZELLO, 2005)

Ao ultrapassar o ponto de compensação respiratória e se aproximar do VO₂ pico, a percepção se torna mais homogênea, com a maioria das pessoas experimentando desprazer. Em especial, na zona de exercício severa, acima do ponto de compensação respiratória e próxima do VO₂ pico, o desconforto é quase universal.

Figura 2- Representação da teoria do modo dual para o exercício contínuo em intensidade abaixou, correspondente e acima do limiar ventilatório. Limiar ventilatório (L.V.), Ponto de compensação respiratória (PCR) e Consumo de oxigênio de pico (VO₂ pico) (EKKEKAKIS, 2011).



Esse padrão de resposta é especialmente relevante para indivíduos pouco ativos, com excesso de peso ou obesidade e baixa aptidão física, que frequentemente experimentam desprazer mesmo em atividades leves, como caminhar para o transporte, andar de bicicleta devagar, brincar com crianças ou lavar o carro. Para essas pessoas, é essencial identificar opções de atividades físicas que não sejam apenas eficazes e seguras, mas também proporcionem prazer e uma sensação de bem-estar. Isso pode ser a chave para promover a adesão a longo prazo e melhorar a qualidade de vida.

Um estudo com 485 participantes investigou a discrepância entre as preferências de intensidade e a intensidade prescrita no treinamento físico, avaliando como isso impacta a percepção de vitalidade, a formação de hábitos e a frequência semanal de exercícios. Os resultados mostraram que a intensidade preferida pela maioria dos participantes é a moderada. Quando a intensidade prescrita está alinhada com a intensidade preferida, os participantes apresentaram maiores pontuações em vitalidade, estabeleceram hábitos mais consistentes e tiveram uma maior frequência na prática de exercícios (MARQUES; ANDRADE; EVMENENKO; MONTEIRO *et al.*, 2022).

Esses achados sugerem que, ao prescrever intensidades de treinamento que não correspondem às preferências individuais, há um risco de comprometer a adesão ao treinamento a médio e longo prazo. Portanto, considerar as preferências pessoais ao ajustar a intensidade dos exercícios pode ser uma estratégia importante para promover o engajamento e a manutenção da prática regular de atividades físicas.

A Teoria da Autodeterminação sugere que a melhoria das regulações comportamentais relacionadas à motivação para o exercício físico está diretamente ligada ao atendimento das necessidades psicológicas básicas: autonomia, competência e relacionamento. Quando o treinamento é prescrito com um suporte adequado a essas necessidades, é mais provável que os indivíduos desenvolvam uma motivação de qualidade superior, caracterizada por um comportamento mais autodeterminado e sustentável.

(DECI; RYAN, 2000).

Paralelamente, a Teoria Hedônica sugere que as pessoas tendem a repetir comportamentos que percebem como prazerosos e evitam aqueles que geram desprazer. As experiências positivas durante o exercício são fundamentais para promover a adesão e a continuidade dos programas de treinamento (KAHNEMAN, 1999).

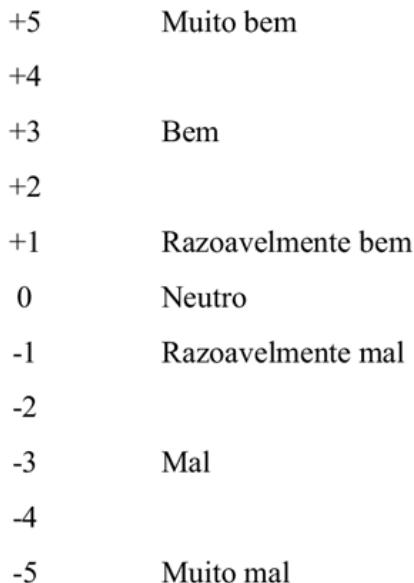
Portanto, ao combinarmos essas duas abordagens, podemos criar estratégias que não apenas atendam às necessidades psicológicas básicas, mas também tornem o exercício físico uma experiência mais prazerosa. Isso pode ser uma chave para manter as pessoas engajadas a médio e longo prazo em programas de exercício físico, promovendo não só a saúde, mas também o bem-estar psicológico.

Podemos aplicar os conceitos da teoria hedônica na prescrição do exercício físico. Uma estratégia eficaz é o monitoramento da percepção de prazer e desprazer durante a sessão de treinamento. Esse monitoramento pode ser realizado ao final de uma série no treinamento de força ou durante a prática de exercício aeróbico, seja ele contínuo ou intervalado. A avaliação da percepção de prazer ou desprazer oferece uma indicação clara de como o indivíduo se sente ao realizar o exercício, possibilitando ajustes na intensidade pode ajudar a promover uma experiência positiva com o treinamento físico.

Assim, a *felling scale* ou escala do afeto, traduzida para o português, é um instrumento para monitorar a resposta afetiva (prazer/desprazer) durante sessões de exercícios físicos. É uma escala bipolar de afeto central de 11 pontos, variando de +5 (“muito bom”) a -5 (“muito ruim”), utilizada como medida de prazer e desprazer (Figura 3).

Figura 3 – Escala de Afeto Traduzida e Adaptada para o Português (ALVES; PANISSA; BARROS; FRANCHINI et al., 2019).

Como você está se sentindo agora?



No âmbito das pontuações positivas (+5 até +1) sinalizam percepção de prazer. As pontuações negativas (-1 até -5) apontam percepção de desprazer. O neutro (0) é o ponto de transição entre a percepção de prazer e desprazer. O uso do instrumento pode ser ancorado por uma pergunta: Durante a prática de exercícios físicos, alguns indivíduos podem sentir prazer ou desprazer. Neste exato momento como você está se sentindo agora?

É importante alertar que a valéncia afetiva é baseada no momento exato da ação/exercício. Nesse caso não se remete as experiências anteriores, ou sessão ou prática de exercícios físicos já realizados no passado. Essa avaliação é livre de julgamentos (não existe certo e errado) é a percepção individual no momento do exercício.

Uma proposta de prescrição de exercício físico baseada no

treinamento orientado pelo afeto foi estudada com mais de 47 participantes, e os desfechos incluíram a frequência à academia, a percepção de prazer durante a sessão de exercícios, o prazer pós sessão e o prazer antecipado em relação à expectativa de realizar a sessão novamente. Os participantes realizaram sessões de treinamento aeróbico e de força, comparando intensidades prescritas de forma tradicional com aquelas orientadas pela percepção de prazer.

Os resultados mostraram que as cargas de treinamento nas duas abordagens — intensidade prescrita e intensidade orientada pelo afeto — foram semelhantes em termos de intensidade e volume. No entanto, os participantes que seguiram a intensidade orientada pelo afeto relataram uma percepção de maior prazer durante a sessão, mais prazer pós-exercício, e um prazer antecipado em relação às próximas sessões. Além disso, a frequência desses participantes à academia foi significativamente maior, chegando a um aumento de 77% em relação àqueles que seguiram as intensidades prescritas de forma tradicional (TEIXEIRA; BASTOS; ANDRADE; PALMEIRA *et al.*, 2024).

Esses resultados indicam que quando as cargas de treinamento são orientadas pela percepção de prazer, elas podem ser tão eficazes quanto as prescritas, mas com o benefício adicional de promover uma resposta afetiva mais positiva e maior adesão a programas de exercícios físicos. Isso reforça a importância de considerar o aspecto emocional no planejamento de treinamentos para garantir a continuidade e o sucesso a longo prazo.

Outra estratégia para aplicar os conceitos da teoria da autodeterminação na prescrição do exercício físico é oferecer ao participante autonomia, permitindo que ele escolha a intensidade do exercício. Além disso, fornecer um suporte social, como a prática de exercícios em grupo, também pode ser benéfico. Pesquisadores apontaram tempo médio de adesão de 2 anos em participantes que receberam prescrição de treinamento físico no formato *small group* (5 participantes) (WAYMENT; MCDONALD, 2017).

Um estudo conduzido pelo nosso grupo de estudos, o

GETAFIS, comparou o efeito de quatro protocolos de treinamento aeróbico nas respostas psicofisiológicas de adultos fisicamente inativos, com IMC de excesso de peso e obesidade, e uma média de 56 anos de idade (SILVA; GARCIA; SANTANA; PINTO *et al.*, 2023)

Foram analisados quatro protocolos:

- **Protocolo 1:** Intensidade autosselecionada, realizado de forma individual.
- **Protocolo 2:** Intensidade prescrita, entre 64% e 76% da frequência cardíaca máxima, realizado individualmente.
- **Protocolo 3:** *Small group* (três participantes), com intensidade prescrita (64% a 76% da frequência cardíaca máxima).
- **Protocolo 4:** *Small group* com intensidade autosselecionada.

Os participantes foram instruídos, nos protocolos de intensidade autosselecionada, a escolher um ritmo de exercício aeróbico que considerassem adequado para sua saúde. As variáveis avaliadas incluíram frequência cardíaca, lactato, percepção subjetiva de esforço, percepção de prazer durante o treinamento, percepção de divertimento após o treinamento, intenção de repetir a sessão de exercícios e o volume total de trabalho realizado.

Os resultados mostraram que, em termos de frequência cardíaca, lactato e percepção subjetiva de esforço, não houve diferença significativa entre os protocolos. No entanto, as respostas psicológicas como a percepção de prazer, divertimento e intenção de repetir a sessão de treino foram mais favoráveis nos protocolos de intensidade autosselecionada. Além disso, o volume total de trabalho foi semelhante entre todos os protocolos.

Esses achados indicam que, embora os participantes realizem cargas de trabalho equivalentes nos diferentes protocolos, suas percepções psicológicas variam. Os protocolos com intensidade autosselecionada foram associados a uma maior percepção de

prazer, maior divertimento e uma maior intenção de repetir a sessão de treinamento.

Outro estudo conduzido pelo nosso grupo usando pressupostos da teoria hedônica, investigou as respostas psicofisiológicas de adultos treinados em diferentes protocolos de treinamento HIIT (VERAME; SANTANA; SILVA; BARBOSA *et al.*, 2024)

Os participantes tinham uma média de 28 anos de idade e um IMC médio de 24. Eles realizaram dois protocolos de treinamento HIIT em uma bicicleta ergométrica:

- **Protocolo 1:** 1/0,5, com estímulos de alta intensidade de 1 minuto seguidos por 30 segundos de descanso.
- **Protocolo 2:** 1/2, com estímulos de 30 segundos e 1 minuto de descanso.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: frequência cardíaca, pressão arterial sistólica, percepção subjetiva de esforço, percepção de prazer e intenção de repetir a sessão de treinamento.

Os resultados mostraram que as respostas fisiológicas de frequência cardíaca e pressão arterial sistólica foram semelhantes em ambos os protocolos. No entanto, a percepção de prazer foi 16% menor no protocolo 1/0,5, indicando que os intervalos mais curtos foram percebidos como menos prazerosos. Consequentemente, a intenção de repetir a sessão foi 21% maior no protocolo 1/2 em comparação ao protocolo 1/0,5.

Esses resultados sugerem que, no treinamento HIIT, intervalos de descanso maiores estão associados a uma maior percepção de prazer, o que pode influenciar positivamente a intenção de continuar o treinamento e maior adesão ao programa de treinamento.

Uma estratégia interessante para a prescrição do treinamento HIIT foi avaliada em um estudo que testou o efeito de um protocolo chamado treinamento intervalado guiado pelo afeto. Nesse protocolo, os participantes realizaram intervalos de

60 segundos, alternando entre a maior intensidade agradável e a menor intensidade agradável, ao longo de 20 minutos. O objetivo do estudo foi reduzir o desagrado comumente associado ao treinamento intervalado de alta intensidade tradicional, buscando tornar o exercício uma experiência mais prazerosa e sustentável para os praticantes (ZENKO; HALL; BIXBY, 2023).

Essa abordagem foi projetada para minimizar as sensações negativas que muitas vezes levam à desistência ou à falta de adesão ao treinamento de alta intensidade, favorecendo assim a continuidade do programa de exercícios.

O protocolo de treinamento HIIT guiado pelo afeto foi comparado a dois outros métodos: o HIIT tradicional, com intensidades prescritas entre alta e baixa, e o HIIT com cargas autosselecionadas. Os resultados indicaram que o treinamento guiado pelo afeto proporcionou uma maior percepção de prazer durante a sessão de exercícios, enquanto as respostas fisiológicas (como frequência cardíaca e outros indicadores) foram semelhantes entre os protocolos,

Um achado particularmente interessante desse estudo foi que o treinamento HIIT guiado pelo afeto gerou não apenas maior prazer durante a sessão, mas também um maior prazer lembrado e uma expectativa futura mais positiva em relação à realização de novas sessões de exercício. Isso sugere que essa abordagem pode contribuir para uma maior adesão a longo prazo, ao tornar a experiência do treinamento mais agradável e convidativa.

Com o objetivo de examinar a intensidade do exercício e as respostas psicofisiológicas em um grupo de treinamento com carga autosselecionada, foi realizado um estudo com 12 homens sedentários, com média de 35 anos. Eles foram instruídos a escolher a carga por conta própria para completar três séries de 10 repetições no treinamento de força. O grupo escolheu, em média, uma carga equivalente a aproximadamente 55% de uma repetição máxima. Essa intensidade é recomendada para aumentar a força de indivíduos sedentários que não praticam treinamento

de força regularmente (ELSANGEDY; KRINSKI; MACHADO; AGRICOLA *et al.*, 2016)

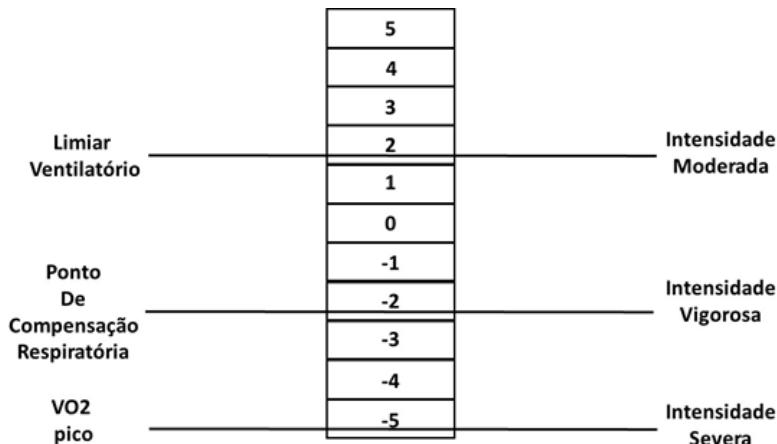
Coletivamente, esses estudos indicam que a autosseleção da intensidade, tanto no treinamento aeróbico quanto no de força, é uma estratégia eficaz para o início de programas de treinamento, especialmente para pessoas com baixa aptidão física, excesso de peso ou obesidade. Além disso, essa abordagem favorece uma maior percepção de prazer durante o exercício e uma maior intenção de repetir as sessões, o que pode contribuir para uma melhor adesão e manutenção a longo prazo em programas de exercício físico.

Prescrição do treinamento pela percepção de prazer

Baseado na Teoria Hedônica do comportamento podemos prescrever intensidades de treinamento a partir da valência afetiva. Se refere à sensação de prazer ou desprazer durante o exercício, pode ser uma ferramenta valiosa para a prescrição do exercício aeróbico. Ao monitorar como o indivíduo se sente enquanto pratica o exercício, é possível ajustar a intensidade para maximizar as sensações de prazer e minimizar o desconforto. Dessa forma, a prescrição pode ser personalizada, mantendo a intensidade dentro de uma zona em que o praticante se senta bem, o que pode aumentar a adesão ao exercício a longo prazo e tornar a prática mais sustentável e agradável.

Para a prescrição do exercício aeróbico, podemos utilizar o modelo esquemático da *Felling Scale* proposto abaixo. Neste modelo, a nota 2 e as notas acima representam uma intensidade moderada, que está abaixo do primeiro limiar ventilatório. Já a nota 1 até o “-2” corresponde à intensidade vigorosa, que está entre o ponto de compensação respiratória. Por fim, as notas de mais 2 até o “-5” indicam uma intensidade severa, próxima ao VO₂ pico. Esse modelo permite ajustar a intensidade do exercício de acordo com a percepção subjetiva do praticante, facilitando a individualização da prescrição aeróbica.

Figura 4 – Modelo esquemático adaptado da Felling Scale relacionando as intensidades no exercício aeróbico (BOK; RAKOVAC; FOSTER, 2022).



Para a prescrição do treinamento de força, um estudo avaliou a confiabilidade da *Feeling Scale* para a autosseleção da intensidade no treinamento de força. Os resultados mostraram que se trata de um instrumento confiável para prescrever o exercício de força com base nos percentuais de intensidade, permitindo que os praticantes ajustem suas cargas de acordo com as sensações percebidas durante o treino. A tabela abaixo demonstra os resultados obtidos, destacando a eficácia da escala em determinar intensidades adequadas para o treinamento de força (ELSANGEDY; MACHADO; KRINSKI; DUARTE *et al.*, 2018)

Tabela 1 – Associação da felling scale e % de 1RM para prescrição do treinamento de força.

Exercícios - % 1RM					
Feeling Scale	Leg Press	Cad Extensora	Supino	Rosca Direta	Bíceps
5	43%	37%	42%	39%	
3	58%	55%	55%	54%	
1	70%	65%	66%	68%	
-1	81%	78%	78%	83%	

A autonomia na escolha das intensidades de treinamento é uma estratégia essencial para melhorar a experiência de indivíduos com excesso de peso, obesidade e pouco ativos fisicamente, levando em consideração não apenas as necessidades psicológicas básicas da teoria da autodeterminação e os princípios da teoria hedônica, mas também os fatores de eficácia, segurança e percepção de prazer. Permitir que os praticantes escolham a intensidade dos exercícios atende à necessidade de autonomia, ao mesmo tempo que promove uma maior sensação de controle sobre o próprio processo de treinamento, favorecendo o engajamento.

A percepção de prazer durante o exercício é crucial para aumentar a intenção de continuar, pois indivíduos que se sentem bem durante a prática estão mais inclinados a repetir a experiência. Além disso, a autosseleção de intensidade pode garantir que o exercício seja realizado dentro de níveis seguros e eficazes pelos praticantes, o que é especialmente importante para iniciantes ou pessoas com menor aptidão física.

Ao combinar autonomia com o monitoramento da percepção de prazer, podemos criar um ambiente onde o treinamento físico é percebido como seguro, eficaz e agradável, podendo contribuir para maior adesão e a motivação de boa qualidade a longo prazo. Promovendo não apenas resultados fisiológicos, mas também uma experiência sustentável e prazerosa.

Por fim, um estudo que explorou como a motivação pode controlar o peso corporal impacta mudanças em escolhas alimentares, exercício físico e índice de massa corporal (IMC) ao longo do tempo. Seus resultados mostraram que os participantes que tiveram maior percepção de autonomia nos comportamentos relacionados a saúde incluindo escolhas alimentares e exercício físico, perderam e mantiveram o peso perdido em relação aos participantes que tiveram baixa percepção de autonomia. A motivação autônoma está associada a escolhas alimentares mais saudáveis e maior adesão ao exercício físico e emagrecimento sustentado a longo prazo (HARTMANN; DOHLE; SIEGRIST, 2015).

Referências

ALVES, E.; PANISSA, V.; BARROS, B.; FRANCHINI, E. *et al.* Translation, adaptation, and reproducibility of the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) and Feeling Scale to Brazilian Portuguese. **Sport Sciences for Health**, 15, 08/01 2019.

BOK, D.; RAKOVAC, M.; FOSTER, C. An Examination and Critique of Subjective Methods to Determine Exercise Intensity: The Talk Test, Feeling Scale, and Rating of Perceived Exertion. **Sports Medicine**, 52, 09/01 2022.

CHEVAL, B.; BOISGONTIER, M. The Theory of Effort Minimization in Physical Activity. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, 49, p. 168-178, 07/01 2021.

DECI, E.; RYAN, R. The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. **Psychological Inquiry**, 11, p. 227-268, 10/01 2000.

DISHMAN, R. Compliance/adherence in health-related exercise. **Health Psychology**, 1, p. 237-267, 07/01 1982.

EKELUND, U.; WARD, H. A.; NORAT, T.; LUAN, J. *et al.* Physical activity and all-cause mortality across levels of overall and abdominal adiposity in European men and women: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study (EPIC). **Am J Clin Nutr**, 101, n. 3, p. 613-621, Mar 2015.

EKKEKAKIS, P. The Measurement of Affect, Mood, and Emotion: A Guide for Health-Behavioral Research. **The Measurement of Affect, Mood, and Emotion: A Guide for Health-Behavioral Research**, p. 1-206, 01/01 2011.

EKKEKAKIS, P.; HALL, E. E.; PETRUZZELLO, S. J. Variation and homogeneity in affective responses to physical activity of varying intensities: an alternative perspective on dose-response based on evolutionary considerations. **J Sports Sci**, 23, n. 5, p. 477-500, May 2005.

EKKEKAKIS, P.; TILLER, N. Extraordinary Claims in the Literature on High-Intensity Interval Training: II. Are the Extraordinary Claims Supported by Extraordinary Evidence? **Kinesiology Review**, 12, p. 1-14, 01/01 2022.

ELSANGEDY, H. M.; KRINSKI, K.; MACHADO, D. G.; AGRICOLA, P. M. *et al.* Self-selected intensity, ratings of perceived exertion, and affective responses in sedentary male subjects during resistance training. **J Phys Ther Sci**, 28, n. 6, p. 1795-1800, Jun 2016.

ELSANGEDY, H. M.; MACHADO, D.; KRINSKI, K.; DUARTE, D. O. N. P. H. *et al.* Let the Pleasure Guide Your Resistance Training Intensity. **Med Sci Sports Exerc**, 50, n. 7, p. 1472-1479, Jul 2018.

FILDES, A.; CHARLTON, J.; RUDISILL, C.; LITTLEJOHNS, P. *et al.* Probability of an Obese Person Attaining Normal Body Weight: Cohort Study Using Electronic Health Records. **Am J Public Health**, 105, n. 9, p. e54-59, Sep 2015.

FRANZ, M.; VANWORMER, J.; CRAIN, A. L.; BOUCHER, J. *et al.* Weight-Loss Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Weight-Loss Clinical Trials with a Minimum 1-Year Follow-Up. **Journal of the American Dietetic Association**, 107, p. 1755-1767, 11/01 2007.

GARCIA-HERMOSO, A.; LOPEZ-GIL, J. F.; RAMIREZ-VELEZ, R.; ALONSO-MARTINEZ, A. M. *et al.* Adherence to aerobic and muscle-strengthening activities guidelines: a systematic review and meta-analysis of 3.3 million participants across 32 countries. **Br J Sports Med**, 57, n. 4, p. 225-229, Feb 2023.

GJESTVANG, C.; ABRAHAMSEN, F.; STENSRUD, T.; HAAKSTAD, L. A. H. Motives and barriers to initiation and sustained exercise adherence in a fitness club setting-A one-year follow-up study. **Scand J Med Sci Sports**, 30, n. 9, p. 1796-1805, Sep 2020.

GUTHOLD, R.; STEVENS, G. A.; RILEY, L. M.; BULL, F. C. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. **Lancet Glob Health**, 6, n. 10, p. e1077-e1086, Oct 2018.

HARTMANN, C.; DOHLE, S.; SIEGRIST, M. A self-determination theory approach to adults' healthy body weight motivation: A longitudinal study focussing on food choices and recreational physical activity. **Psychol Health**, 30, n. 8, p. 924-948, 2015.

JAKICIC, J.; APOVIAN, C.; BARR-ANDERSON, D.; COURCOULAS, A. *et al.* Physical Activity and Excess Body Weight and Adiposity for Adults. American College of Sports Medicine Consensus Statement. **Translational Journal of the American College of Sports Medicine**, 9, 07/22 2024.

KAHNEMAN, D. Objective happiness. In: **Well-being: The foundations of hedonic psychology**. New York, NY, US: Russell Sage Foundation, 1999. p. 3-25.

LADWIG, M.; HARTMAN, M.; EKKEKAKIS, P. AFFECT-BASED EXERCISE PRESCRIPTION: An idea whose time has come? **ACSM's Health & Fitness Journal**, 21, p. 10-15, 09/01 2017.

MARQUES, P.; ANDRADE, A.; EVMENENKO, A.; MONTEIRO, D. *et al.* The Preference for and Tolerance of Exercise Intensity: An Exploratory Analysis of Intensity Discrepancy in Health Clubs Settings. **Current Psychology**, 42, 05/12 2022.

SILVA, C. E. R.; GARCIA, A. B.; SANTANA, W. J.; PINTO, L. G. *et al.* Comparison of Psychophysiological Responses in Individual and Small Group Aerobic Training with Prescribed and Self-Selected Intensity. Preprints: Preprints 2023.

SPERANDEI, S.; VIEIRA, M. C.; REIS, A. C. Adherence to physical activity in an unsupervised setting: Explanatory variables

for high attrition rates among fitness center members. **J Sci Med Sport**, 19, n. 11, p. 916-920, Nov 2016.

STRAIN, T.; FLAXMAN, S.; GUTHOLD, R.; SEMENOVA, E. *et al.* National, regional, and global trends in insufficient physical activity among adults from 2000 to 2022: a pooled analysis of 507 population-based surveys with 5·7 million participants. **Lancet Glob Health**, Jun 25 2024.

TEIXEIRA, D.; BASTOS, V.; ANDRADE, A.; PALMEIRA, A. *et al.* Individualized pleasure-oriented exercise sessions, exercise frequency, and affective outcomes: a pragmatic randomized controlled trial. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, 21, 08/05 2024.

VERAME, A. d. S.; SANTANA, W. d. J.; SILVA, C. E. R. d.; BARBOSA, E. J. C. *et al.* PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOAFFECTIVE RESPONSES OF ADULTS TRAINED IN ACUTE HIIT PROTOCOLS. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 30, 2024.

WAYMENT, H. A.; MCDONALD, R. L. Sharing a Personal Trainer: Personal and Social Benefits of Individualized, Small-Group Training. **J Strength Cond Res**, 31, n. 11, p. 3137-3145, Nov 2017.

WILLIAMS, D. M. Exercise, affect, and adherence: an integrated model and a case for self-paced exercise. **J Sport Exerc Psychol**, 30, n. 5, p. 471-496, Oct 2008.

ZENKO, Z.; HALL, E.; BIXBY, W. **The effects of affect-guided interval training on pleasure, enjoyment, and autonomy: A registered report.** 2023.

Capítulo 4

PROMOÇÃO DA ATIVIDADE FÍSICA PARA A SAÚDE, FRENTE AS DESIGUALDADES SOCIAIS: RESSALTANDO O PRINCÍPIO DA EQUIDADE

LUIS CARLOS DE OLIVEIRA
AYLTON JOSÉ FIGUEIRA JUNIOR
GILDEENE FARIA
ELISABETE DOS SANTOS FREIRE

Breve histórico da promoção da atividade física para a saúde até as mais recentes proposições para área

O objetivo do presente capitulo é apresentar um breve resgate evolutivo dos estudos da área da epidemiologia da atividade física e saúde, desde do clássico estudo dos trabalhadores do transporte londrino e dos trabalhadores da agência britânica de correios, Morris, et al. (1953) até os dias mais atuais, ressaltando a importância da ampliação do foco e das ações em promoção da atividade física, considerando os aspectos de desigualdades sociais e da necessidade de uma abordagem a partir do princípio da equidade.

Lá se vão mais de 7 décadas desde que o médico britânico “Jeremy Noah Morris” e seus colaboradores, publicaram uma das primeiras evidências científicas, tanto em importância quanto em impacto e relevância, para a epidemiologia da atividade física mundial. Nesta publicação eles demonstraram que os motoristas do sistema público de transporte urbano, assim como os telegrafistas da empresa de correios e telegrafo londrino, tinham maior

incidência de doenças coronárias do que cobradores dos coletivos e os carteiros respectivamente (MORRIS, J.N. et al. 1953). E o que diferenciava a rotina cotidiana entre estes diferentes grupos de trabalhadores era exatamente um maior ou menor envolvimento com atividades físicas, o que era o caso dos cobradores dos coletivos e dos carteiros, que tinham na sua prática profissional uma atividade física constante, quando comparado à inatividade física da atividade ocupacional dos motoristas de ônibus e dos operadores de telegrafo. Suas contribuições posteriores foram principalmente em medicina social, sobre disparidades de saúde por classe social, quando se tornou um ator importante e um líder para a responsabilidade social do cuidado equitativo, (Informação obtida na página da University of Minnesota, em Home > People > Biographical Sketches > Morris, Jeremy).

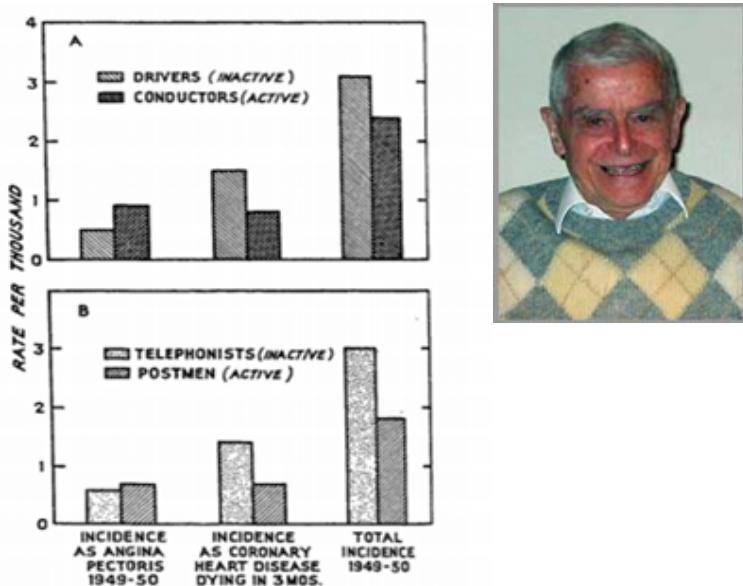


Fig. 2.—First clinical episodes of coronary heart-disease in 1949-50:
A, drivers and male conductors, aged 35-44, of Central London Buses;
B, G.P.O. male telephonists and postmen, aged 35-59.

Original da publicação de Morris, J.N. et al, (1953)

Desde o estudo produzido por Morris e seus colaboradores, em 1953, até os dias atuais, muito se publicou e as pesquisas em epidemiologia da Atividade Física tiveram um enorme avanço no seu corpo de evidências, o que permitiu que a partir destes avanços na área, as próprias discussões também evoluíssem e passasse a envolver outros setores da sociedade, além do universo médico epidemiológico tradicional. Pouco mais de 30 anos após as primeiras publicações mais robustas da área, uma outra publicação que se configura como um marco extremamente importante para os estudiosos do tema foi o estudo produzido por Cal J. Caspersen e colaboradores, em 1985. Neste estudo, desenvolvido no Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) dos Estados Unidos, Caspersen, et al. (1985), definiram e diferenciaram os termos “atividade física”, “exercício físico” e “esporte”, definição esta que, recentemente, foi revista e recebeu uma proposta de ampliação a partir do seu texto original por Hallal, et al. (2024) , ficando mais ampla e inclusiva:

Physical activity is any bodily movement produced by skeletal muscles that results in energy expenditure. Governments are responsible for making it easy for individuals to choose physical activity as part of routine living. Access to pleasant, safe, healthy, equitable and purposeful physical activity must be a societal priority. (p. 2).

A proposta de ampliação da definição e conceituação da Atividade Física quase 40 anos depois representa uma ampliação também da visão e da forma que atualmente os pesquisadores e estudiosos da área enxergam hoje o fenômeno atividade física e suas relações com a saúde da população como o próprio editorial publicado por Hallal, et al. (2024) afirma ao seu final:

No futuro, esperamos que o campo esteja atento a essas considerações adicionais que vão além da definição fisiológica de atividade física. Ao fazer isso, o campo da atividade física e da saúde pode fazer a transição para um foco de saúde pública, substituindo uma abordagem de “indivíduos doentes” por uma abordagem de “populações saudáveis” (p. 2).

Esta recente publicação é um forte indicador de que o

conceito de promoção da atividade física vem se ampliando bem como as suas ações, envolvendo outros setores igualmente importantes e necessários para o fortalecimento e ao enfrentamento bem como ao combate à inatividade física de forma intersetorial e multiprofissional.

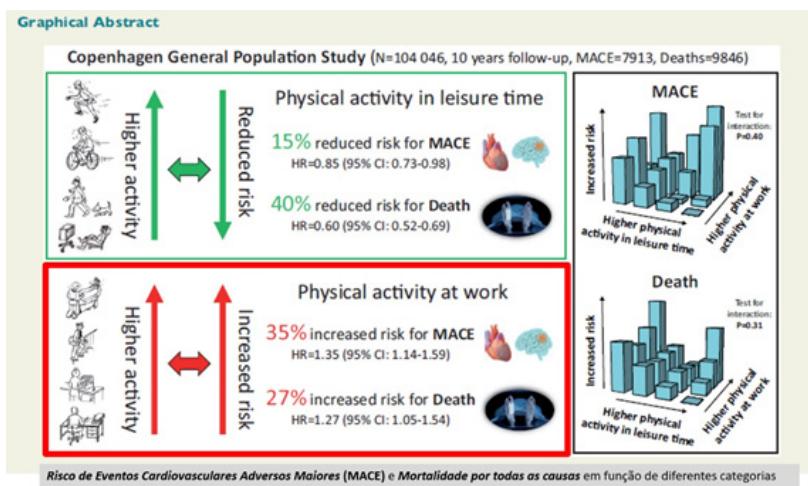
Muitos são os elementos a serem considerados perante o desafio de promover um estilo de vida mais ativo para as populações em seus diferentes territórios e segmentos sociais. Principalmente se levarmos em conta as desigualdades existentes, sobretudo nos países de média e baixa renda como é o caso do Brasil.

Historicamente, os estudos sobre atividade física, a fim de facilitar seu registro e mensuração, foram categorizados em 4 dimensões distintas: a atividade física laboral, aquela executada no âmbito do trabalho; a atividade física doméstica, aquelas realizadas no âmbito da residência do lar das pessoas; a atividade física na dimensão do transporte, realizada com função de deslocamento das pessoas de um lugar para o outro; e, por fim, a atividade física feita na dimensão do lazer, esta feita no tempo livre, por opção do indivíduo e que, de alguma forma, lhe proporcione prazer e satisfação pessoal em realiza-la.

Estudos como o de Salvo, et al. (2023), têm evidenciado o dilema entre a escolha ou a necessidade das práticas de atividade física nas suas diferentes dimensões, bem como, chamado a atenção para um certo desequilíbrio em relação ao envolvimento das práticas físicas, domésticas, de trabalho e transporte, quando comparadas à atividade física na dimensão do lazer, sobretudo nos grupos menos favorecidos e mais vulneráveis da população. Contudo, os estudos que têm chamado especialmente a atenção da comunidade científica internacional quando a distinção dos efeitos das diferentes manifestações de práticas das diferentes dimensões da atividade física e sua relação com desfechos de saúde, são os estudos de Holtermann, et al. (2021) sobre o que ele denomina de “Paradoxo da Atividade Física”.

Este fenômeno refere-se às potenciais implicações

negativas da prática da atividade física de trabalho, que quando são extremamente intensas e vigorosas por um longo período de tempo sem o devido controle de sobrecarga ou mesmo de pausas ou intervalos de recuperação, seus efeitos demonstraram serem mais prejudiciais do que promovendo benefícios, principalmente no que se refere ao que se denominou o “Risco de Eventos Cardiovasculares Maiores” (MACE) em sua sigla no idioma original do artigo, inglês.



Infográfico do original de Holtermann, A. et al. (2021)

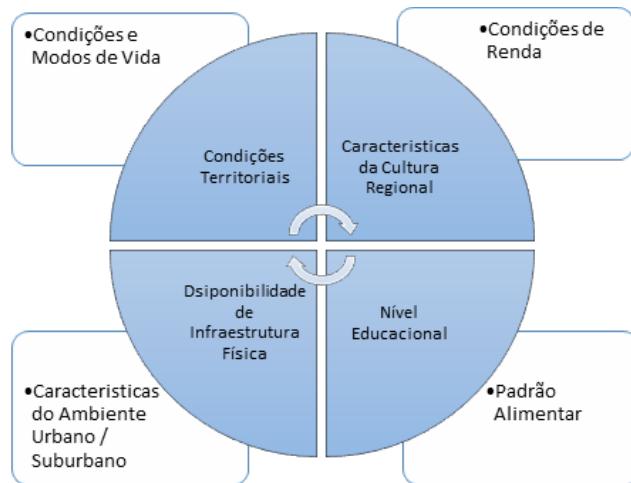
O infográfico acima aponta benefícios na ordem de 15% de redução de risco de MACE a partir de um maior envolvimento com práticas de atividades físicas no tempo de lazer, assim como a redução em 40% o risco de morte por todas as causas. Enquanto também alerta que o incremento de atividades físicas vigorosas na dimensão do trabalho pode aumentar o risco de MACE em 35% e risco de morte por todas as causas em até 27%.

A partir destas evidências, Holtermann, et al. (2021) conclui que uma maior atividade física no lazer está associada a um risco reduzido de MACE e de mortalidade por todas as causas, enquanto uma maior atividade física ocupacional está associada a um risco aumentado, independentemente um do outro. Esta

nova demonstração da associação independente dos dois tipos de atividade física com o risco de MACE e mortalidade por todas as causas apoia o paradoxo da atividade física. Esses achados podem ser considerados por quem escreve diretrizes sobre prevenção de doenças cardiovasculares em relação à atividade física.

Os estudos que discutem o “Paradoxo da Atividade Física” nos levam, entre outras coisas à reflexão sobre um outro dilema contemporâneo da área de promoção da atividade física em âmbito populacional: a prática da atividade física por necessidade versus pela escolha, de acordo com o artigo que Salvo, et al (2023), se propõem a discutir. Neste artigo eles levantam a discussão sobre a seguinte questão: Até que ponto, a partir de um contexto social, que vai além do aspecto altamente relevante da saúde na sua dimensão biológica, a promoção da atividade física deve ser promulgada sem considerar o contexto e a realidade das populações? Desta maneira Salvo e colaboradores propõe uma estrutura de “modelos de atividade física baseados em necessidade versus escolha” como uma ferramenta conceitual para fundamentar os esforços de pesquisa e promoção da atividade física e da saúde pública nos países de baixa e média renda, ajudando a garantir que esses esforços sejam relevantes, éticos, responsivos e respeitosos aos contextos locais, levando em consideração a realidade e as características de cada contexto e de cada território.

Afirmamos aqui que se faz necessário maiores estudos sobre o impacto social e não apenas a mera relação dose-resposta da prática da atividade física nos seus diferentes contextos, sobretudo nas populações menos favorecidas e, portanto, mais vulneráveis. As intervenções de promoção da atividade física para serem verdadeiramente bem-sucedidas devem considerar os contextos e condições de vida das populações:



(BRASIL, MS. 2017).

Portanto em intervenções efetivas de promoção da atividade física no âmbito populacional, precisamos sempre nos questionarmos, em princípio. Intervenção em Promoção da atividade física pressupõe saber antecipadamente:



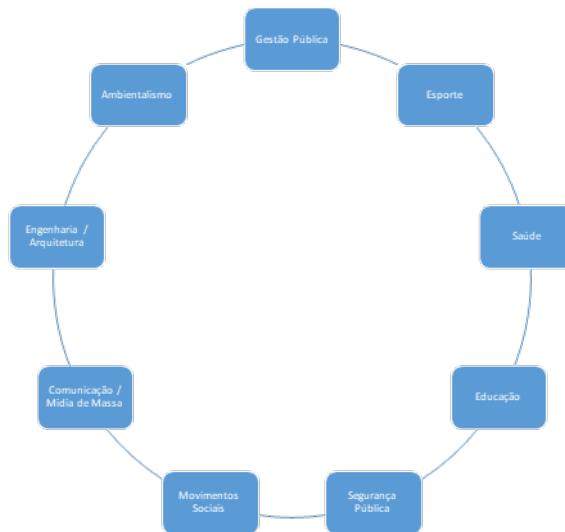
A figura acima, apresenta as quadro perguntas que deveriam ser respondidas no início do planejamento de uma intervenção de Promoção de Atividade Física para quaisquer populações. Principalmente se partirmos do pressuposto que as diferenças e estas por sua vez promovendo desigualdades existem no Brasil, assim como em todos os lugares do mundo, alguns em maior proporção outros em menor monta.

Se nos remetermos aos princípios da promoção da saúde:



e se tomarmos estes princípios, quando pensarmos em intervenções populacionais, corremos menor risco de negligenciarmos elementos fundamentais da promoção da saúde enquanto prática social, buscando garantir, portanto, uma maior efetividade e maiores chances de sucesso nas intervenções.

Outro ponto fundamental a ser considerado é o que propõe a ONU para o alcance dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 17 ODS 2015- 2030 (ONU, 2015), tanto uma ação multisectorial envolvendo múltiplos setores da administração pública como os diferentes entes da sociedade civil organizada:



E assim como as ações devem ser fruto de uma força tarefa conjunta multiprofissional, envolvendo todos os atores dos setores citados acima e principalmente os profissionais da saúde que devem ser protagonistas nestas ações:



Em meados de 2018 a Organização Mundial de Saúde (OMS) lança o Plano de Ação Global para Atividade Física 2018 –

2030, “*Mais Pessoas Ativas Para um Mundo Mais Saudável*”, WHO (2018) com metas claras e objetivas para se reduzir a inatividade física global em pelo menos 10% até 2025 e alcançar a redução em pelo menos 15% do patamares da época de seu lançamento até 2030, mesma data estabelecida para se alcançar os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentáveis – ODS 2015 – 2030, ONU (2015), que está fundamentada em quadro pilares principais:

- 1. Criar Sociedades mais ativas: NORMAS SOCIAIS E ATITUDES**, criar uma mudança de paradigma em toda a sociedade, aumentando o conhecimento, a compreensão e a valorização dos múltiplos benefícios da atividade física regular, de acordo com a capacidade e em todas as idades.
- 2. Criar Ambientes mais ativos: ESPAÇOS E LUGARES**, criar e manter ambientes que promovam e salvaguardem os direitos de todas as pessoas, de todas as idades, permitindo o acesso equitativo a lugares e espaços seguros, nas suas cidades e comunidades, para praticar atividade física regular, de acordo com a capacidade.
- 3. Criar Pessoas mais ativas: PROGRAMAS E OPORTUNIDADES**, criar e promover o acesso a oportunidades e programas, em diversos contextos, para apoiar pessoas de todas as idades e capacidades a envolverem-se em atividade física regular, individualmente, em família e na comunidade.
- 4. Criar Sistemas Ativos: GOVERNANÇA E FACILITADORES DE AÇÃO POLÍTICA**, criar e fortalecer a liderança, governança, parcerias multissetoriais, a capacitação dos profissionais, advocacia e sistemas de informação entre setores para alcançar a excelência na mobilização de recursos e implementação de ações coordenadas internacionais, nacionais e locais para aumentar a atividade física e reduzir o comportamento sedentário (OMS, 2018).

Este documento evidencia a necessidade de uma visão mais ampla e multisetorial da promoção da atividade física, quando o objetivo se refere a intervenções populacionais, principalmente quando destaca suas interfaces com os 17 ODSs. Salvo, et al (2021) consegue relacionar que dentre os 17 objetivos de desenvolvimentos sustentável, 13 deles têm alguma relação direta ou indireta com a promoção da Atividade Física, sendo que destes 13, existem 6 que merecem destaque por parte dos experts da Atividade Física, sendo eles:

- Item 1 – Erradicação da Pobreza;**
- Item 3 – Saúde e Bem-estar;**
- Item 4 - Educação de Qualidade;**
- Item 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura;**
- Item 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis**
- Item 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes.**

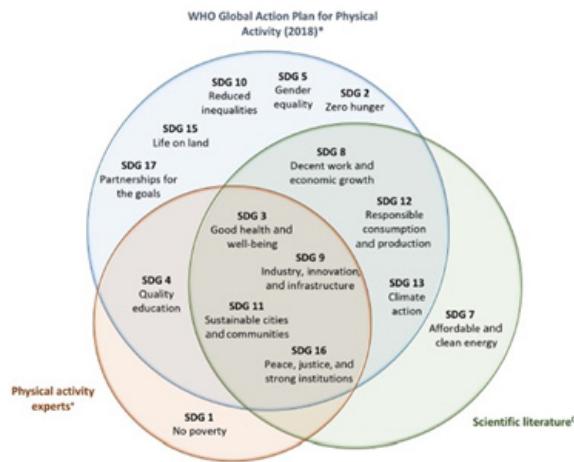


Figure 1 — United Nations SDGs that could benefit from at-scale physical activity promotion strategies: summary of plausible linkages and published research. *Based on Appendix 1 of the WHO Global Action Plan for Physical Activity, 2018, which poses plausible benefits of physical activity promotion for SDG targets. SDGs indicates Sustainable Development Goals; WHO, World Health Organization. ^aBased on the consultation of 33 global physical activity experts (article authors plus Lancet Physical Activity Series III authors and executive committee members, who identified plausible benefits of physical activity promotion for SDG indicators). ^bBased on a systematic scoping review of the peer-reviewed literature; SDGs included are those for which at least 1 article reports statistically significant results suggesting a beneficial impact of physical activity promotion strategies on SDG targets.

Figura da publicação original de Salvo, et al. (2021)

Mais recentemente, Ramires Varela, et al. (2021), demonstram no segundo almanaque do observatório global sobre a atividade física de diversos países um panorama sobre, assim como Guthold, et al. (2018) demonstraram avanços muito tímidos relacionados a progressos do ponto de vista global ao combate a inatividade física independentemente do nível socioeconômico dos países: Os países classificados de alta renda demonstraram um discreto incremento da inatividade física total, enquanto os países de média renda apresentaram um leve queda da inatividade física e os países de baixa renda praticamente não se alterou ao longo do período estudado 2001 a 2016, portanto em 15 anos de acompanhamento. O que demonstra a ineficácia dos programas de promoção da atividade física independentemente da condição socioeconômica dos países.

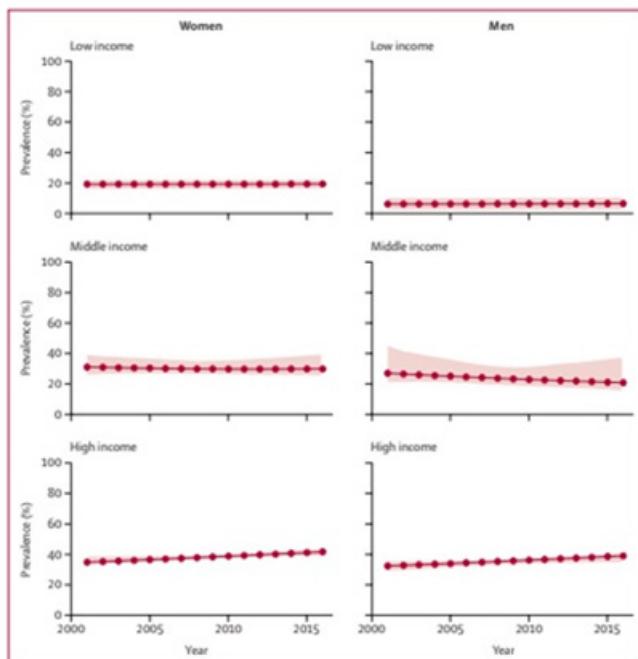


Figure 3: Trends in insufficient physical activity for three income groups from 2001 to 2016
The shaded areas show 95% uncertainty intervals.

Figura original de Guthold, et al. (2018)

Não se pode afirmar ao certo, o que efetivamente faltou para que ao longo de mais de 15 anos a inatividade física, apesar de todas as iniciativas em diferentes países ao redor do mundo, não terem logrado êxito em suas intervenções. Contudo se considerarmos que as intervenções precisam ser multisectoriais e geralmente elas têm um maior foco no âmbito mais tradicional da saúde, desconsiderando por vezes os demais fatores determinantes como já citados anteriormente, acreditamos possa ser um fator a ser levado em consideração.

Os fatores demográficos, ambientais, socioeconômicos estão apenas recentemente sento considerados elementos tão importantes quanto quaisquer outros nas estratégias de intervenções mais atuais. Em estudo publicado por Crochimore-Silva et al. (2020) destaca a necessidade de avanços na promoção da atividade física, sobretudo na dimensão do lazer, que tenham que ser melhores socialmente contextualizados e que sejam capazes de priorizar quem realmente necessitam, os mais pobres e menos privilegiados. Existe uma tendência positive para a atividade física de tempo livre global, acompanhar por hábito um aumento das desigualdades sociais para a atividade física sobretudo no Brasil (WERNECK, et al. 2021).

Se tomarmos com referência, o termo “Equidade”, podemos considerar como um princípio que visa garantir justiça e imparcialidade, reconhecendo que pessoas diferentes têm necessidades diferentes. Ao contrário de igualdade, que trata todos de forma idêntica, a equidade busca adaptar o tratamento às características individuais de cada pessoa, promovendo assim oportunidades iguais a todos (POLITIZE, 2024). Intervenções de promoção da atividade física devem considerar que as populações também têm suas diferenças, assim como suas necessidades podem serem distintas.

Ainda longe de querermos aqui esgotarmos esta discussão, reconhecemos a necessidade premente de que estratégias de intervenção passem a levar em consideração o princípio da equidade, para que populações menos privilegiadas da sociedade possam ter garantidas suas demandas mais prioritárias minimamente atendidas

a fim de buscar uma maior efetividade e sucesso da intervenção no que tange as ações de promoção da atividade física, sobretudo nas sociedades de maiores desigualdades sociais.

Referências

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Política Nacional de Promoção da Saúde: PNPS: Anexo I da Portaria de Consolidação nº 2, de 28 de setembro de 2017, que consolida as normas sobre as políticas nacionais de saúde do SUS.** Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Rep** 1985;100:126–31.

Crochemore-Silva I, Knuth AG, Mielke GI, Loch MR. Promotion of physical activity and public policies to tackle inequalities: considerations based on the Inverse Care Law and Inverse Equity Hypothesis. **Cad Saude Publica.** 2020 Jun 8;36(6):e00155119. English, Portuguese. doi: 10.1590/0102-311X00155119. PMID: 32520125.

Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. **The Lancet Global Health,** 6(10), e1077-e1086. doi:10.1016/S2214-109X(18)30357-7

Hallal, Pedro C., I-Min Lee, Olga Lucia Sarmiento, Kenneth E Powell, The future of physical activity: from sick individuals to healthy populations, **International Journal of Epidemiology**, Volume 53, Issue 5, October 2024, dyae129, <https://doi.org/10.1093/ije/dyae129>

Holtermann A, Coenen P, Krause N. The paradoxical health effects of occupational versus leisure-time physical activity. In: Theorell T. (ed). *Handbook of Socioeconomic Determinants of*

Occupational Health. Handbook Series in Occupational Health Sciences. Cham: Springer, 2020.

Holtermann, A., Schnohr, P., Nordestgaard, B.G., Marott, J.L., 2021. The physical activity paradox in cardiovascular disease and all-cause mortality: the contemporary Copenhagen General Population Study with 104 046 adults. **European Heart Journal** 42, 1499–1511.. doi:10.1093/eurheartj/ehab087

MORRIS, Jeremy N, JA Heady, PA Raffle, CG Roberts, and JW Parks, 1953. Coronary heart-disease and physical activity of work. **Lancet**, 265 (6795), 1053-1057.

Organização das Nações Unidas. **Transformando Nossa Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 16 out. 2024.

Organização Mundial da Saúde. **Plano de Ação Global para a Atividade Física 2018-2030: Mais Pessoas Ativas para um Mundo Mais Saudável**. Genebra: OMS, 2018. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272721/WHO-NMH-PND-18.5-por.pdf?ua=1>. Acesso em: 16 out. 2024.

Politize. **O que é Equidade?**. Disponível em: <https://www.politize.com.br/equidade/o-que-e-equidade/>. Acesso em: 21 out. 2024.

Ramirez Varela, A., Hallal, P., Pratt, M., Bauman, A., Borges, C., Lee, I.-M., Heath, G., Powell, K. E., Pedisic, Z., Klepac Pogrmilovic, B., Milton, K., Nguyen, A., Foster, C., Cozzensa, M., McLaughlin, M., Niño, G. I., Ferreira, P., Ekelund, U., Salvo, D., Ding, D., & Kohl, H. W., III., on behalf of the Global Observatory for Physical Activity (GoPA!) working group. (2021). **Global Observatory for Physical Activity (GoPA!)**: 2nd Physical Activity Almanac, Global Observatory for Physical Activity (GoPA!).

Salvo D, Garcia L, Reis RS et al. Physical activity promotion

and the United Nations sustainable development goals: building synergies to maximize impact. **J Phys Act Health** 2021;18:1163–80.

Salvo D, Jáuregui A, Adlakha D, Sarmiento OL, Reis RS. When Moving Is the Only Option: The Role of Necessity Versus Choice for Understanding and Promoting Physical Activity in Low- and Middle-Income Countries. **Annu Rev Public Health** 2023;44:151–69.

Salvo D, Jáuregui A, Adlakha D, Sarmiento OL, Reis RS. When Moving Is the Only Option: The Role of Necessity Versus Choice for Understanding and Promoting Physical Activity in Low- and Middle-Income Countries. **Annu Rev Public Health**. 2023 Apr 3;44:151-169. doi: 10.1146/annurev-publhealth-071321-042211. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36525957.

Salvo D, Jáuregui A, Adlakha D, Sarmiento OL, Reis RS. When Moving Is the Only Option: The Role of Necessity Versus Choice for Understanding and Promoting Physical Activity in Low- and Middle-Income Countries. **Annu Rev Public Health**. 2023 Apr 3;44:151-169. doi: 10.1146/annurev-publhealth-071321-042211. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36525957.

University of Minnesota Home. **People > Biographical Sketches > Morris, Jeremy**, acesso em 14-10-2014 (Morris, Jeremy « Heart Attack Prevention (umn.edu)).

Werneck, André de Oliveira et al. Time Trends and Sociodemographic Inequalities in Physical Activity and Sedentary Behaviors Among Brazilian Adults: National Surveys from 2003 to 2019. **Journal of Physical Activity and Health**, Champaign, v. 18, n. 11, p. 1332-1341, nov. 2021. DOI: 10.1123/jpah.2021-0156

Capítulo 5

IMUNOLOGIA BÁSICA PARA O PROFISSIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA

HENRIQUE STELZER NOGUEIRA

LEONARDO LIMA

VINICIUS MORALES

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Fundamentos da imunologia

Para manutenção da vida, o corpo humano deve ser capaz de diferenciar o próprio do não-próprio (estranho), de forma que no segundo caso deve também verificar se é potencialmente fatal ou se não oferece risco à vida. A interação do corpo humano com o ambiente se faz necessário para aumentar a oportunidade de sobrevivência e para a reprodução, contudo deve ocorrer com reconhecimento e respostas frente às ameaças internas e externas. Portanto, o sistema imunológico exerce a função biológica de defesa do corpo humano, para que as interações sejam seguras e produtivas para viabilização da vida (Nogueira; Lima *In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2022;* Doan; Melvold; Waltenbaugh, 2006).

O sistema imunológico é uma organização complexa de tecidos, células, produtos celulares e substâncias químicas biologicamente ativas, em que a interação entre esses elementos produz as respostas imunológicas, mediante estímulo de um antígeno (substância estranha). Os antígenos podem ser moléculas, vírus, células sanguíneas, células tumorais, bactérias ou fungos, em que no caso de moléculas, devem conter proteína ou carboidrato em sua composição, com pequenas regiões chamas epítopos,

para que ocorra estímulo antigênico para resposta imunológica (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Estridge; Reynolds, 2011).

A resistência natural ocorre por meio de barreiras físicas, como pele e mucosas, e de secreções de muco, ácido gástrico e enzimas das lágrimas. Ainda participam da resistência natural, as células imunes inatas e proteínas que geram respostas inflamatórias (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Estridge; Reynolds, 2011).

Destacam-se as células imunes de respostas inatas, os fagócitos (monócitos, macrófagos e neutrófilos), os mastócitos, os linfócitos *natural killers* (células NK), eosinófilos e basófilos, enquanto que as células de respostas adaptativas são os linfócitos T e linfócitos B, contudo os mastócitos maduros são encontrados na pele e no epitélio das mucosas, enquanto que os macrófagos estão nos diversos tecidos do corpo, portanto ambas não são encontradas no sangue, por isso não aparecem no hemograma. Os monócitos sanguíneos, quando ativados por meio do sistema monocítico-macrfágico, se transformam em macrófagos nos tecidos com dois subtipos, os M1 que são móveis inflamatórios, de ação rápida e os M2 fixos de ação lenta (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Hall, 2017; Lorenzi, 2015; Male, 2015; Abbas; Lichtman; Pillai, 2015).

Como quaisquer outras células, as células imunes necessitam de energia para suas ações. Os neutrófilos e os macrófagos do tipo M1 utilizam predominantemente a via glicolítica (metabolismo anaeróbio) em decorrência de desenvolver as respostas rápidas que caracterizam suas ações e, que tem como consequência o aumento na síntese de lactato. Por outro lado, os macrófagos do tipo M2 e os linfócitos utilizam predominantemente a via oxidativa (metabolismo aeróbio) (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Griffiths; Gao; Pararasa, 2017).

Outros elementos que participam do sistema imunológico que são comumente estudados são as proteínas do sistema

complemento, anticorpos, proteína c-reativa e as citocinas (Nogueira; Lima *In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2022*; Hall, 2017; Lorenzi, 2015; Male, 2015; Abbas; Lichtman; Pillai, 2015; Barret *et al.*, 2014).

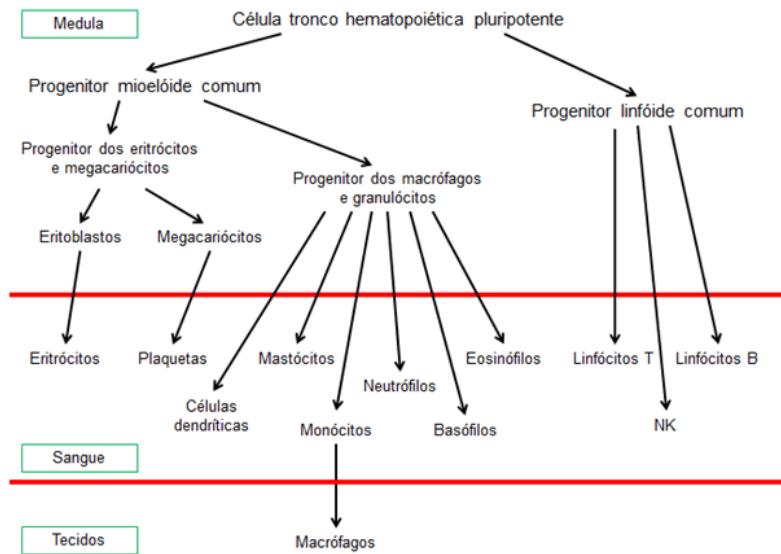
As respostas inflamatórias contribuem para as respostas imunológicas específicas (respostas adaptativas), por meio da interação de macrófagos e linfócitos, em que a imunidade específica possui três propriedades (reconhecimento, especificidade e memória) (Hall, 2017; Lorenzi, 2015; Male, 2015; Abbas; Lichtman; Pillai, 2015; Barret *et al.*, 2014; Zago; Falcão; Pasquini, 2013; Estridge; Reynolds, 2011; Vaz; Takei; Bueno, 2007; Doan; Melvold; Waltenbaugh, 2006).

Destaca-se que as células imunes (leucócitos), eritrócitos e plaquetas, via de regra, são originários na medula pelas células hematopoiética pluripotente, que são células tronco (ou embrionárias) que, ao serem ativadas, se diferenciam em progenitores, em que esse fluxo pode ser visto na figura 1, contudo outros tecidos participam da produção de células imunes, que à saber são: linfonodos, baço, tonsilas e placas de Peyer (Nogueira; Lima *In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2022*).

As células imunes possuem um sistema de estímulos e comunicação entre elas, mas também com integração com componentes hematopoiéticos e neuroendócrinos, em que esse sistema norteado por citocinas com ações autócrinas, parácrinas e endócrinas (Nogueira; Lima *In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2022*; Feigerlová; Battaglia-Hsu, 2017).

As citocinas mais estudadas são apresentadas pela tabela 1.

Figura 1. Origem dos leucócitos, eritrócitos e plaquetas à partir da medula.



Fonte: adaptado de Nogueira e Lima In: Montenegro, Carvalho e Marega (2022, p. 212).

As citocinas podem ter ação pró ou anti-inflamatórias, sendo: o fator de necrose tumoral alfa (TNF-alfa) com ação pró-inflamatória; a interleucina 6 (IL-6) com ação pró e anti-inflamatória, sendo que a IL-6 estimula a síntese de interleucina 10 (IL-10) que é anti-inflamatória e ao mesmo tempo estimula o fígado a produzir proteína c-reativa (PCR) que possui ação pró-inflamatória. É importante ressaltar também que a renovação de células imunes se dá por estímulo de citocinas na medula (Nogueira; Lima In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Tabela 1. Citocinas mais estudadas na Educação Física.

CITOCINA	PRINCIPAIS EFEITOS	PRINCIPAIS CÉLULAS PRODUTORAS
IL-1(α e β)	Pró-inflamatória, liberação de TNF- α e IL-6, promove fase aguda da inflamação	Monócito, macrófago e neutrófilo
IL-2	Pró-inflamatória, proliferação de linfócitos T e B, induz produção de IFN- γ	Linfócitos T CD4 $^{+}$
IFN- γ	Pró-inflamatória, ativa macrófago a produzir radicais tóxicos, produção de TNF- α	Linfócitos T CD4 $^{+}$, NK, células usculares
TNF- α	Pró-inflamatória, induz proteínas de choque, IL-1, apoptose	Monócito, macrófago
IL-4	Anti-inflamatória, inibe produção de IL-1 α/β , TNF- α e IL-6; induz diferenciação de linfócito T CD4 $^{+}$, proliferação e diferenciação de linfócitos B	Linfócito T CD4 $^{+}$, mastócito e basófilo
IL-10	Anti-inflamatória, inibe IL-1, IL-6 e TNF- α	Linfócito Treg, T CD4 $^{+}$ e macrófago
TGF- β	Anti-inflamatória, inibe IFN- γ	Linfócito Treg e macrófago
IL-6	Pró/anti-inflamatória, ativa explosão respiratória em neutrófilos, produção de proteínas de fase aguda; inibe IL-1 e TNF- α ; captação de glicose no músculo esquelético; lipólise no tecido muscular e adiposo; gliconeogênese hepática	Monócito, macrófago e célula muscular
IL-8 (CXCL8)	Pró-inflamatória, fator quimiotático para neutrófilo e basófilo; induz desgranulação e explosão respiratória em neutrófilo; angiogênese	Monócito, macrófago, neutrófilo e célula muscular
IL-15	Pró-inflamatório, quimiotático para linfócito T e NK, induz IFN-g e TNF- α ; hipertrofia muscular	Monócito, fibroblasto e célula muscular

Fonte: adaptado de Nogueira e Lima In: Montenegro, Carvalho e Marega (2022, p. 218).

As citocinas também exercem função importante na hematopoiese, por estimular ou inibir células tronco hematopoiéticas pluripotentes para as diferenciações e formação de células hematológicas (Lorenzi, 2015).

A PCR é uma proteína inflamatória, que está presente em quadrados de inflamação aguda e crônica. Sua ação se dá essencialmente quando esta se liga à sua proteína de ancoramento presente em membranas celulares, denominada fosforilcolina (ou fosfocolina), obtendo-se desta ligação o complexo fosforilcolina-PCR, que por sua vez estimula a fixação de uma proteína do sistema complemento, que então resultará em ações de combate ao agente agressor, o que vai estimular a produção e ação de citocinas pró-inflamatórias. Contudo, a PCR sofre degradação por enzimas lisossomais, desta forma também é um inibidor de atividades de neutrófilos, de produção de superóxido e quimiotáticas, o que confere à PCR características de ação pró-inflamatórias e também de regulação (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

As concentrações de PCR elevam-se após quatro a seis horas após um estímulo, duplicando o valor a cada 8 horas e com pico entre 36 e 50 horas, e com meia vida plasmática de 19 horas, recomenda-se monitoramento seriado dos valores de PCR após um evento (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Apesar do sistema complemento possuir diversas proteínas, as C1 à C9, B e D se destacam, pois são precursoras de enzimas inicialmente inativas, porém quando um anticorpo se conecta a um antígeno, também ocorre ligação com a proteína C1, o que leva à uma cascata de reações. As principais ações das proteínas do sistema complemento são: opsonização, quimiotaxia, lise, aglutinação, ativação de mastócitos e basófilos, neutralização e gerar efeitos inflamatórios (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Fagócitos possuem receptores denominados toll-like receptors (TLRs) que, em condições fisiológicas normais,

identificam agentes agressores no meio extra-celular, iniciando uma cascata de ações intra-celulares que resultam tanto em combate direto agente agressor (fagocitose), quanto em produção e secreção de citocinas pró-inflamatórias, que por quimiotaxia atraem outras células imunes para o local da agressão (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Srinivasan *et al.*, 2017; Hall, 2017; Barrett *et al.*, 2014). O lactato aumentado também promove esse tipo de situação, por sensibilizar um co-receptor do TLR-4 denominado fator de diferenciação mieloide 2 (MD-2), um co-receptor do TLR-4 (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Nas membranas de fagossomos e peroxissomos possuem enzimas e importantes na produção de substâncias oxidantes, como a oxidase fagocitária, bem como esse processo integra a forma reduzida da nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH), uma coenzima que participa na redução do oxigênio molecular em espécies reativas de oxigênio (ROS), como o superóxido (O_2^-) que é convertido em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) por meio de outras reações enzimáticas, aproveitado pela enzima mieloperoxidase, que então forma íons haleto (cloreto) e hipoclorito (NaClO), (OH-) (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Em virtude de o oxigênio ser necessário para a produção de ROS, este processo é conhecido por explosão respiratória. A oxidase fagocitária funciona como bomba de elétrons, que promove gradiente eletroquímico na membrana do vacúolo fagocitário, em equilíbrio pelo movimento de íons para o interior, com aumento no pH e na osmolaridade nessa estrutura (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Os fagócitos também produzem enzimas proteolíticas, como a elastase e a catepsina G, encontradas em neutrófilos. Já os macrófagos produzem espécies reativas de nitrogênio, em que a enzima óxido nítrico sintase indutível (iNOS) encontrada no citosol, converte arginina em citrulina, em que como consequência ocorre liberação de óxido nítrico gasoso (NO), que combinado com o peróxido de hidrogênio ou com o superóxido, resulta em radicais

de peroxinitrito (ONOO-) (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Quando ocorre um evento perturbador no sentido da homeostase, em processos patogênicos ou mesmo em função do exercício físico, algumas substâncias pró-inflamatórias são produzidas no tecido-alvo (local demandado), que estimula a migração de células imunes por quimiotaxia (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Assim, na inflamação ocorre vasodilatação dos vasos sanguíneos, com aumento no fluxo sanguíneo no local demandado, aumento de permeabilidade dos capilares, com saída de alto volume de líquido para os espaços intersticiais, coagulação intersticial em virtude da presença de fibrinogênio e de outras moléculas que migram dos capilares, deslocamento de células imunes para o local demandado, dilatação das células teciduais no entorno do local demandado. Essas respostas ocorrem por meio de mediadores inflamatórios, como as citocinas, histamina, bradicina, serotonina, prostaglandina, produtos do sistema complemento e de coagulação sanguínea (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

No início do processo inflamatório, ocorre emparedamento do local demandado, como um meio de isolamento adjacente, que é possível graças aos coágulos de fibrinogênio, cuja função é reforçar o tampão plaquetário. Isso leva à diminuição de espaços teciduais e vasos linfáticos, que promove diminuição de fluxo de líquido nestes espaços (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

A primeira linha de defesa por meio de células imunes ocorre nos primeiros minutos, por ação de macrófagos M2 (fixos) teciduais que, quando ativados por produtos pró-inflamatórios, se tornam macrófagos M1 (móveis) com alta atividade fagocítica. Como segunda linha de defesa celular, uma grande quantidade de neutrófilos sanguíneos migram para o local demandado, também por estímulo de produtos pró-inflamatórios, mas também por

aumento na expressão de moléculas de adesão superficiais de células endoteliais em capilares e vênulas, em especial as selectinas e moléculas de adesão intracelular 1 (ICAM-1). No caso, as moléculas integrinas complementares encontradas em neutrófilos interagem com essas moléculas de adesão, o que resulta na fixação dos neutrófilos nas paredes dos vasos sanguíneos (marginação) e posteriormente ocorre diapedese e a quimiotaxia. (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Após as primeiras horas, com o aumento de neutrófilos no tecido-alvo, ocorre sinalização de citocinas para a medula óssea, que libera novos neutrófilos para o sangue, portanto uma supressão medular de neutrófilos com aumento na contagem desses no sangue (neutrofilia), que é acompanhada pela terceira linha de defesa celular que é a ativação de monócitos sanguíneos para que se tornem macrófagos móveis na infiltração no tecido-alvo. Contudo, o estoque medular de monócitos é baixo, assim o processo para ocorra aumento na quantidade de macrófagos no tecido-alvo pode levar alguns dias, bem como atingir a mesma capacidade fagocítica de macrófagos fixo dura ao menos 8 horas (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

A quarta linha de defesa celular ocorre por meio da produção medular de granulócitos (neutrófilos, basófilos, eosinófilos e mastócitos) e de monócitos, em que dependendo do agravo essa produção pode permanecer por meses ou mesmo anos (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Já as células NK (CD45) não depende de expansão clonal, diferenciação ou ativação mediada por outras células imunes. As NK possuem grande quantidade de grânulos no citoplasma e quando reconhecem algum agente de perturbação homeostática, por meio de receptores codificados de DNA, disparam as perfurinas e granzinas encontradas nesses grânulos, portanto ocorre perfuração de membrana e indução de apoptose. Por fim, as NK secretam IFN- γ que induz ativação de macrófagos, para que ocorra fagocitose de fragmentos apoptóticos da estrutura atingida pelas NK (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

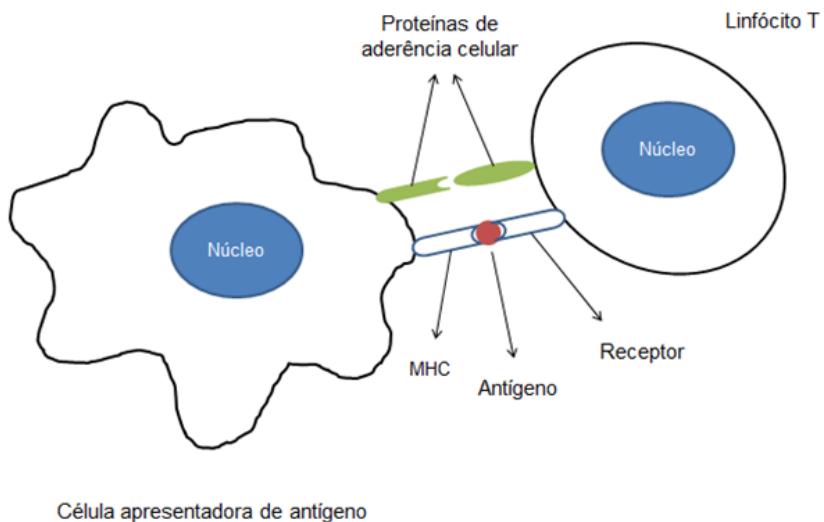
A adaptação imunológica tem início com os fagócitos atuantes no combate ao agente agressor, que ao realizarem fagocitose destacam um fragmento (antígeno) para apresentarem aos linfócitos T e B (figura 2), que então promoverão adaptação mediada por células e humorais, respectivamente. Com a apresentação de antígeno ocorre proliferação clonal de linfócitos T e B, em função da hipótese dos dois sinais (figura 3), portanto é comum que ocorra aumento na contagem de linfócitos no sangue (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Hall, 2017; Barrett *et al.*, 2014).

Esse processo de inflamação e adaptação imunológica notoriamente é fisiológico, porém quando a inflamação é excessiva e não é acompanhada de adaptação (inflamação crônica), passa a ser fisiopatológica e é característica em diversas doenças, como obesidade, comumente associada com distúrbios emocionais e cognitivos, diabetes, doenças cardiovasculares e câncer (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022).

Acrescenta-se que o cortisol é um hormônio anti-inflamatório, secretado pelas glândulas suprarrenais, conhecido por ser um hormônio do estresse com sua ação lipolítica no tecido adiposo, com a liberação de ácidos graxos pra corrente sanguínea, e de glicerol que é convertido em glicose pelo fígado, além de ser um facilitador de proteólise, o que por meio da gliconeogênese hepática também resulta em aumento de glicose sanguínea e maior disponibilidade de aminoácidos no sangue (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Hall, 2017).

Com isso, o cortisol em situação de estresse é um mediador de processos metabólicos que resultam em disponibilidade de substratos energéticos para os órgãos e tecidos, inclusive aos músculos esqueléticos.

Figura 2. Exemplo de apresentação de antígeno por parte de um macrófago para o linfócito T.



Fonte: adaptado de Nogueira e Lima In: Montenegro, Carvalho e Marega (2022, p. 234).

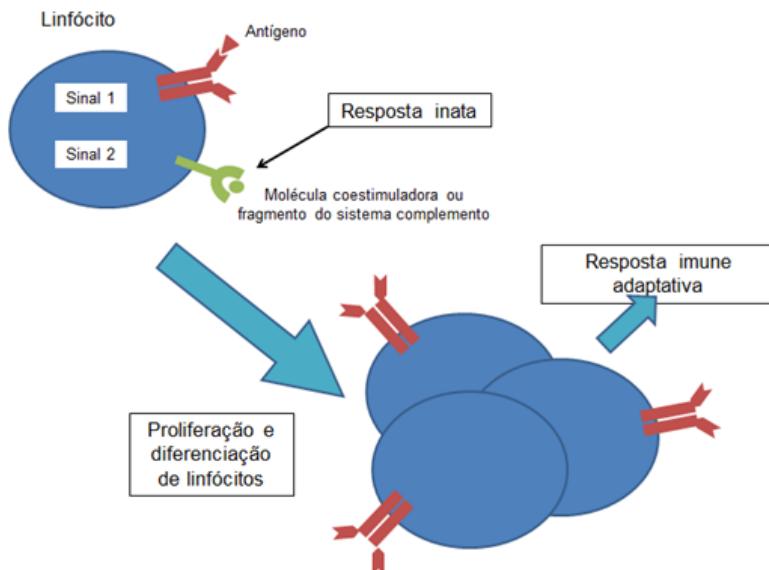
Destaca-se que elevações nos níveis sanguíneos de cortisol ocorrem justamente em momentos de inflamação, como uma forma de regulação, pois o cortisol induz apoptose ou inibição de ação de células imunes pró-inflamatórias (Nogueira; Lima In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Hall, 2017).

Portanto, o cortisol cronicamente elevado é um marcador de inflamação crônica, por vezes resultante de processos fisiopatológicos, como as já mencionadas.

A inflamação também leva à impactos no músculo estriado esquelético, de forma que ativa a via de degradação proteica composta pela ubiquitina proteassoma ATP-dependente (sistema UPS), pelo Forkhead box O 3 (FOXO 3), pelas proteínas atrogin-1 (muscle atrophy F-box – MAFbx) e muscle ring finger 1 (MuRF-1). Essa via proteolítica muscular esquelética é induzida pelas substâncias inflamatória, como o TNF- α e a IL-1 β , que

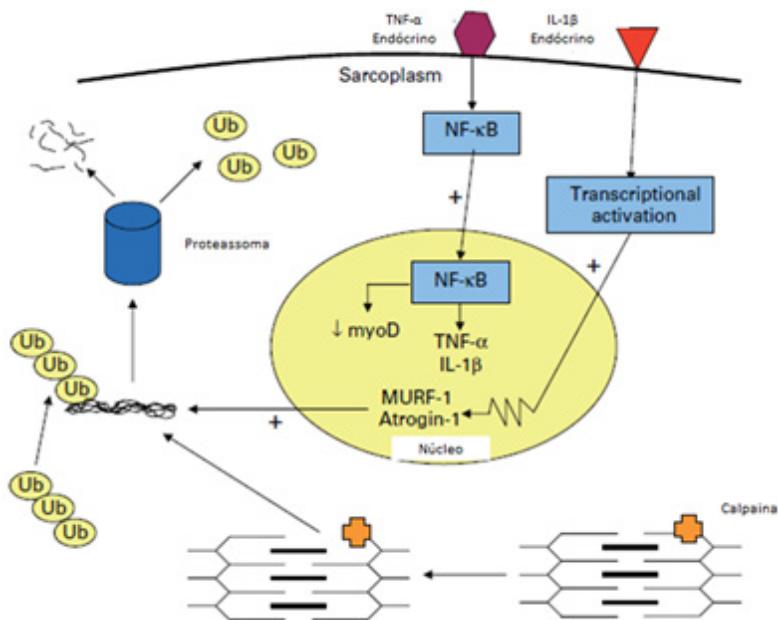
se conectam nas células musculares e induzem essas sinalizações como apresentado pela figura 4, enquanto que a figura 5 apresenta como o cortisol potencializa esse processo (Nogueira; Lima In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Hall, 2017).

Figura 3. Hipótese dos dois sinais para a proliferação clonal de linfócitos.



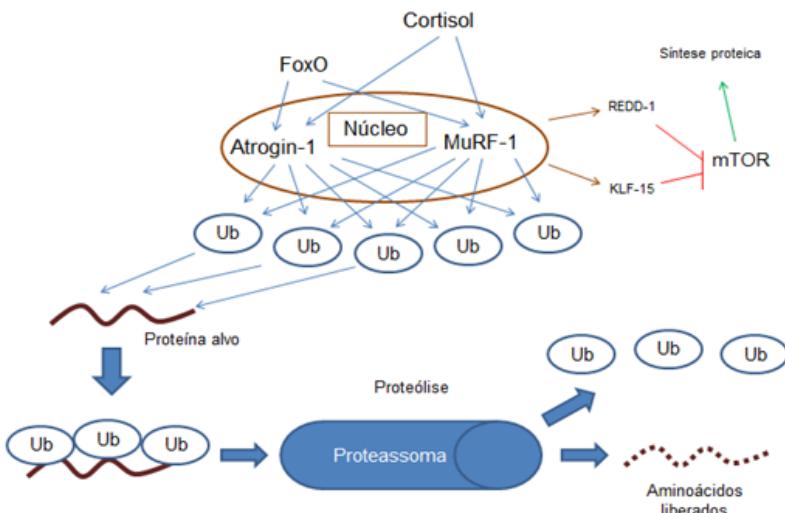
Fonte: adaptado de Nogueira e Lima In: Montenegro, Carvalho e Marega (2022, p. 231).

Figura 4. Indução de sinalização de proteólise muscular por citocinas inflamatórias.



Fonte: adaptado de Nogueira e Lima In: Montenegro, Carvalho e Marega (2022, p. 238).

Figura 5. Proteólise muscular esquelética induzida por cortisol e pela FoXO.



Fonte: adaptado de Nogueira e Lima In: Montenegro, Carvalho e Marega (2022, p. 239).

A atrogin-1 e o MuRF-1 estimulados pelo cortisol promovem inibição da *mamalian target of rapamycin* (mTOR), por meio da ativação da *regulated in development and DNA damage-1* (REDD-1) e da *Kruppel-like factor-15* (KLF-15), dessa forma ocorre estímulo para a hipotrofia muscular esquelética (Nogueira; Lima In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2022; Hall, 2017).

A base desenvolvida nesse capítulo serve para o profissional de Educação Física compreender os mecanismos inflamatórios que se associam aos processos patogênicos e às consequências de altas cargas de treino.

Especificamente sobre como o exercício físico se relaciona com esses processos inflamatórios e com as respostas imunológicas é abordado em um capítulo próprio deste livro.

Referências

- ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S. **Imunologia celular e molecular**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- ANSARI, A. *et al.* Function of the SIRT3 mitochondrial deacetylase in cellular physiology, cancer, and neurodegenerative disease. **Aging Cell**, v. 16. n. 1, p. 4-16, 2016.
- BARRETT, K. E. *et al.* **Fisiologia médica de Ganong**. 24. ed. Porto Alegre: AMGM, 2014.
- DOAN, T.; MELVOLD, R.; WALTENBAUGH, C. **Imunologia médica essencial**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- ESTRIDGE, B. H.; REYNOLDS, A. P. **Técnicas básicas de laboratório clínico**. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- HALL, J. E. **Guyton e Hall: Tratado de Fisiologia Médica**. 13. ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2017.
- LORENZI, T. F. **Manual de hematologia: propedêutica e clínica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.
- MALE, D. *et al.* **Imunologia**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- NOGUEIRA, H. S.; Lima, W. P. Atividade física, saúde e câncer (p. 81) In: Garcia, A. B.; Junior, A. F. (organizadores). **Prevenção e controle das doenças crônicas: perspectivas para a educação física**. Jundiaí: Ed. Paco, 2022.
- NOGUEIRA, H. S.; LIMA, W. P. Exercício físico e câncer (p. 209). In: MONTENEGRO, C. G. S. P.; CARVALHO, J. A. M.; MAREGA, M. (organizadores). **Atividades físicas: fundamentos e aplicações clínicas**. São Caetano do Sul: Ed. Dos Autores, 2022.
- TERRA, R. *et al.* Efeito do exercício no sistema imune: resposta, adaptação e sinalização celular. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 3, p. 208-214, 2012.

VAZ, A. J.; TAKEI, K.; BUENO, E. C. **Imunoensaios: fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

ZAGO, M. A.; FALCÃO, R. P.; PASQUINI, R. **Tratado de hematologia.** São Paulo: Editora Atheneu, 2013.

Capítulo 6

SISTEMA IMUNOLÓGICO E EXERCÍCIO FÍSICO

HENRIQUE STELZER NOQUEIRA

Introdução

É reconhecido que exercícios regulares de intensidade moderada geram respostas benéficas para o nosso corpo, enquanto períodos prolongados de treinamento físico intenso podem deprimir a imunidade. As respostas imunológicas ao exercício físico são organizadas e as células imunológicas especializadas são redistribuídas para fins funcionais definidos (Simpson *et al.*, 2022; Wang *et al In:* Xiao, 2020; Walsh *et al.*, 2011a,b; Nieman, 1994).

A maioria dos estudos sobre os efeitos do exercício físico no sistema imunológico estão focados no impacto dos efeitos crônicos do treinamento físico, bem como estresse agudo de uma sessão de exercício físico (unidade de treino). Tanto no exercício físico agudo quanto crônico, ocorre resposta significativa na área de redistribuição, atividade, trânsito e função de leucócitos (Simpson *et al.*, 2022; Wang *et al In:* Xiao, 2020; Walsh *et al.*, 2011a,b; Nieman, 1994).

A intensidade, duração e volume do exercício físico foram relatados como influenciadores na redistribuição das células imunológicas na circulação. Na maioria dos estudos de imunologia do exercício, os tipos de treinamento físico que podem melhorar a função imunológica em atletas, idosos e pacientes doentes são de grande preocupação (Simpson *et al.*, 2022; Wang *et al In:* Xiao, 2020; Walsh *et al.*, 2011a,b; Nieman, 1994).

Exercício físico e neutrófilos

Uma única sessão de exercício tem um efeito profundo no número total e na composição de neutrófilos circulantes. Após uma luta do exercício resistido em altas doses, os neutrófilos podem permanecer elevado e atingir o pico triplo exercício, enquanto resistência prolongada exercício (0,5–3 h) pode fazer com que a contagem de neutrófilos aumente aumentar até cinco vezes (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Embora o aumento do número não apenas de neutrófilos, mas também outras células imunes são frequentemente indicativas de infecção e inflamação, imunidade induzida por exercício a contagem de células normalmente retorna aos níveis pré-exercício dentro de 6–24 horas após a cessação do exercício (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Estudos sobre treinamento de exercícios regulares em leucócitos relataram que a contagem de leucócitos na circulação sanguínea não muda, incluindo a dos neutrófilos. Em estudos de treinamento de exercícios aeróbicos de resistência, as contagens de neutrófilos diminuíram significativamente após a terapia de exercícios em indivíduos com condições inflamatórias crônicas. Essa contagem foi correlacionada com as mudanças percentuais no índice de sensibilidade à insulina, índice de massa corporal, consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\max}$) e análise de triglicerídeos em jejum. Se esse efeito é prejudicial ou benéfico depende do contexto. Vale ressaltar que, em um estudo de exercícios de resistência, foi encontrado que a mudança no número de neutrófilos circulantes pode ocorrer mais rapidamente após uma sessão de exercícios de maior volume/menor intensidade (5 × 10 repetições, 80%-1 RM) em comparação com exercícios de menor volume/maior intensidade (15 × 1 repetição, 100%-1 RM). No entanto, em outro estudo de resistência com alta dosagem, não foram detectadas mudanças na contagem de neutrófilos. Até agora, não está claro por que

diferentes perfis temporais de exercício variam para os neutrófilos na literatura (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

A mudança no número de neutrófilos no sangue foi rápida e aumentou significativamente pela primeira vez após o exercício agudo, seguida por um segundo aumento, atrasado, algumas horas depois, que estava associado tanto à duração quanto à intensidade do exercício. Essas leucocitoses neutrofílicas imediatas e atrasadas induzidas pelo exercício são mediadas, respectivamente, por catecolaminas e cortisol. A capacidade de aderir ao endotélio é o primeiro passo da migração dos neutrófilos para os locais de infecção ou lesão. No entanto, foi relatado que o exercício intenso agudo melhora a quimiotaxia e a fagocitose dos neutrófilos, mas não sua capacidade de aderir ao endotélio. O episódio agudo de exercício poderia reduzir o impulso oxidativo e a desgranulação dos neutrófilos em resposta à estimulação bacteriana, que pode durar muito tempo. Além disso, esse exercício poderia aumentar a fagocitose, desgranulação e atividade de impulso oxidativo dos neutrófilos não estimulados. Todos esses resultados indicaram que o exercício agudo pode reduzir a capacidade dos neutrófilos de responder à estimulação exógena, mas mobiliza neutrófilos altamente funcionais na circulação sanguínea e aumenta a atividade espontânea de degranulação dos neutrófilos (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Exercício físico e monócitos e macrófagos

Os monócitos são o maior tipo de leucócitos que circulam no sangue e depois migram para os tecidos, onde amadurecem em macrófagos e células dendríticas da linhagem mieloide. Essas maturações são essenciais na regeneração, recuperação e reparo dos tecidos por meio de processos que incluem promoção da estimulação de células satélites e fagocitose (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

O exercício regular é um meio para reduzir o número de

monócitos inflamatórios no sangue em estado de repouso. Em estudos de corte transversal e longitudinal em pessoas submetidas ao treinamento físico, apresentam uma porcentagem menor de monócitos inflamatórios, expressão de TLR4 na superfície inferior e circulação reduzida de monócitos inflamatórios em respostas ao lipopolissacárido (LPS) (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

O efeito anti-inflamatório do exercício sobre estes monócitos no tecido ainda não está claro. Mas nos estudos em modelos animais, as respostas inflamatórias dos macrófagos peritoneais foram induzido pelo treinamento físico, indicando um possível efeito diferente do exercício na circulação sanguínea de monócitos e macrófagos teciduais. Em estudos com ratos obesos, treinamento físico regular reduziu a inflamação sistêmica em ratos alimentados com dieta rica em gordura. A redução na infiltração de macrófagos em outros locais de inflamação crônica também foi relatada pelo treinamento físico. Todos esses estudos em animais mostraram mais evidências para demonstrar o efeito anti-inflamatório do exercício regular (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Após um exercício agudo, há um aumento transitório no número de monócitos inflamatórios, que migram da margem para a circulação. Esse aumento dura cerca de 2 horas antes de retornar ao nível basal durante a recuperação. Os monócitos CD14+CD16+ apresentam um fenótipo inflamatório em comparação com os CD14+CD16-, e sua porcentagem diminui na recuperação, possivelmente devido ao recrutamento para os tecidos (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Embora os níveis basais de citocinas nos monócitos CD14+ não mudem muito, a produção de IL-6, IL-1 α e TNF- α é significativamente reduzida após o exercício agudo, possivelmente devido à diminuição da expressão de LTR na superfície dos monócitos (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

O exercício de resistência muscular também provoca um aumento agudo na quantidade de monócitos circulantes, que retornam ao nível basal entre 15 e 30 minutos após o exercício, ou atingem o pico em 120 minutos, dependendo da intensidade do exercício. Estudos em animais mostraram que o exercício prolongado pode reduzir a capacidade de apresentação de抗ígenos e a expressão de MHC II nos macrófagos. O exercício agudo tem efeitos estimulantes potentes sobre a fagocitose, metabolismo do nitrogênio, quimiotaxia, atividade antitumoral e produção de espécies reativas de oxigênio em macrófagos M1 e M2 (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Exercício físico e células dendríticas

Em estudos com exercício físico em humanos, uma única sessão de exercício dinâmico por adultos saudáveis melhorou a geração de células dendríticas derivadas de monócitos, mas as consequências funcionais desta observação permaneceram pouco compreendidas (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Aumento no número de células dendríticas foi observada após o exercício, e esta mobilização pode ser menos propensa a conduzir processos inflamatórios. Em modelos animais, a reação mista de leucócitos, a expressão superficial do MHC II e a produção de IL-12 foram significativamente aumentadas nas células dendríticas pelo treinamento físico regular; no entanto, as moléculas coestimuladoras dessas células dendríticas, como CD80 e CD86, não apresentaram diferença após o treinamento (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Durante o exercício aeróbico, há uma mobilização preferencial das células dendríticas plasmocitóides. Devido ao repertório funcional de células dendríticas plasmocitóides, que inclui a produção de interferons contra patógenos virais e

bacterianos, o exercício pode melhorar a vigilância imunológica por meio da mobilização preferencial dessas células efetoras. Contudo, há muito pouca informação sobre os efeitos do exercício nas células dendríticas, que precisam de mais investigação (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Exercício físico e células *Natural Killers* (NK)

Como as células NK são fáceis de estudar e exibem uma mudança de grande magnitude em resposta ao exercício, receberam atenção significativa na literatura sobre imunologia do exercício. Já existiu muita controvérsia sobre os efeitos do treinamento físico nas células NK, apesar do fato de que muitos resultados demonstraram os efeitos do exercício na função e número da célula (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Assim como em outros leucócitos circulantes, por meio do aumento na regulação negativa (para baixo) induzida por catecolaminas, da expressão da molécula de adesão e tensão de cisalhamento, as células NK foram imediatamente mobilizadas na circulação em resposta ao exercício agudo. Mas após exercício prolongado, o número de células NK na circulação sanguínea periférica foi diminuída, parcialmente devido à migração tecidual ou remarginalização (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

O exercício de resistência muscular em alta dose (60-100% de 1RM em diferentes volumes) pode aumentar o número de células NK, que se mantém elevado por 15 minutos após o exercício. No entanto, após exercício aeróbico prolongado, as células NK CD16+/CD56+ retornam aos níveis basais em 3 horas. A contagem de células NK CD16+/CD56+ varia de acordo com a intensidade e o volume do exercício. Em contraste, não houve alteração na contagem dessas células após um exercício de resistência em baixa dose (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

As células NK são conhecidas por sua citotoxicidade inata, secreção de interferon gama (IFN- γ) e indução da morte celular em células infectadas. A citotoxicidade das células NK é uma medida importante da atividade dessas células. Estudos mostraram aumentos modestos na citotoxicidade das células NK após treinamento moderado. Um único episódio de exercício pode aumentar a citotoxicidade, seguido por uma supressão durante a recuperação. As mudanças na atividade citotóxica das células NK estão relacionadas às alterações na proporção de células NK entre as células mononucleares do sangue periférico (PBMC). Tanto exercícios de alta quanto moderada intensidade estão associados a mudanças significativas nas proporções circulantes de células NK (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Alguns estudos questionaram a ideia de que as alterações na citotoxicidade das células NK são meramente reflexo das mudanças na contagem e distribuição das subpopulações de células NK. Eles sugerem que o exercício pode favorecer a realocação de subtipos de células NK com um fenótipo de alta diferenciação, aumentando a citotoxicidade contra células-alvo que expressam antígeno leucocitário humano (HLA) (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Até o momento, não está claro se as mudanças na função das células NK refletem apenas alterações induzidas pelo exercício na contagem total e na distribuição das células NK ou se o exercício afeta a capacidade funcional das células NK em nível individual.

Exercício físico e linfócitos B

Após a ativação imunológica, as células B sofrem proliferação e diferenciação e amadurecem em células de memória e células plasmáticas. Como as principais células envolvidas na criação de plasma sanguíneo e anticorpos linfáticos, as células plasmáticas produzem as imunoglobulinas IgA, IgD, IgE, IgM e IgG, cada uma das quais reconhece um antígeno único na imunidade humoral. O

efeito do exercício na função humoral de imunoglobulinas (Ig) foi avaliado por meio de medições da concentração de Ig na mucosa e no soro (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Estudos de exercício físico curto ou prolongado relataram que a concentração sérica de Ig parece permanecer ligeiramente aumentada ou inalterada. O sistema imunológico da mucosa protege a mucosa de superfícies das passagens nasais, intestinos e trato respiratório. A IgA secretora (SIgA) que é produzida pelas células plasmáticas é a principal função efetora do sistema imunológico da mucosa frente os patógeno (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

O efeito do exercício sobre as alterações da secreção de SIgA na saliva tem sido amplamente estudado. Nível de treinamento, intensidade da sessão de exercícios e duração do exercício podem influenciar as respostas do SIgA. Altos níveis de SIgA na saliva foram importantes para melhorar a capacidade imunológica básica e foi associada à baixa incidência de infecções no trato respiratório superior em atletas. Quedas transitórias substanciais na saliva SIgA podem aumentar o risco de infecções no trato respiratório superior. Embora alguns estudos iniciais indicaram quedas na concentração salivar de SIgA em atletas de resistência cardiorrespiratória ou durante períodos intensivos de treinamento, a maioria dos estudos relatou que a concentração de SIgA na saliva em atletas era a mesma que em não atletas, exceto quando os atletas estão envolvidos em treinamento pesado (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Esta diminuição da SIgA na saliva em atletas após exercício de alta intensidade é parcialmente devida a uma retirada dos efeitos inibitórios do sistema nervoso parassimpático. Assim, sessões agudas de exercício físico moderado mostraram pouco impacto na expressão de Ig nas células plasmáticas, mas que o exercício físico prolongado pesado e treinamento intensificado podem induzir diminuições na secreção de SIgA na saliva (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Exceto seu papel na secreção de anticorpos Ig na imunidade humoral e na mucosa, as células B foram também envolvidas nas respostas iniciais imunológicas mediadas pela células T e desempenhou um papel fundamental. O número de células B aumentou ligeiramente durante e imediatamente após o exercício físico e foi proporcional à duração e intensidade do exercício. Mas essa alteração no número de células B diminui para abaixo dos níveis pré-exercício durante os estágios iniciais da recuperação e retornando ao nível basal em 24 horas (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Além disso, uma circulação consistentemente elevada de células B foi detectada durante ou após exercício de resistência muscular em altas doses (evidente após 3 h de repouso, 60–100% -1 RM em volumes diferentes). A contagem elevada de células B na circulação foi também detectada mesmo em exercícios de resistência muscular com baixas doses. Sessões de exercícios físicos em doses diferentes podem induzir linfocitose aguda que ocorre durante ou imediatamente após a sessão de treino (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Mais pesquisas são necessárias para esclarecer os efeitos do treinamento físico sobre a função imunológica das células B.

Exercício físico e linfócitos T

Vários estudos indicam que a proliferação de células T diminui durante e após o exercício, especialmente em atletas bem treinados que passam por períodos de treinamento intensificado. Isso é associado a uma diminuição nas contagens de células Th1 (linfócitos T helper 1). Durante e imediatamente após o exercício, observa-se uma linfocitose, mas as contagens de células T podem cair abaixo dos níveis pré-exercício nas fases iniciais da recuperação. Essas variações parecem estar relacionadas à intensidade e duração do exercício (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang *et al In:* Xiao, 2020).

Em estudos de exercício de resistência muscular, a resposta das células T CD4+ varia conforme o grupo estudado. Linfocitose de células T CD4+ foi observada imediatamente após exercícios de alta dose, enquanto após exercícios de baixa dose, as contagens podem permanecer elevadas por até 60 minutos (Nogueira; Lima *In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang et al In: Xiao, 2020*).

Após mais de 24 horas de descanso, as contagens de linfócitos circulantes e suas funções em atletas parecem ser semelhantes às de não-atletas, sugerindo que o estado de repouso pode normalizar a funcionalidade celular (Nogueira; Lima *In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang et al In: Xiao, 2020*).

Como no caso das células T CD4+, uma linfocitose de células T CD8+ foi detectada imediatamente após exercício de resistência muscular em altas doses (60–70%-1 RM), que supostamente retornou para níveis basais em 15 minutos após o exercício ou diminuiu abaixo dos níveis pré-exercício em 30 minutos de repouso e depois retornou aos valores basais em 3 horas pós-exercício (Nogueira; Lima *In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang et al In: Xiao, 2020*).

Durante o exercício resistido com dose muito baixa, a contagem de células CD8+ T aumentaram de 0 a 60 minutos após a sessão de treino e retornou à linha de base entre 20 e 60 minutos após. Pequenas variações em volume de exercício ou diferenças no tempo de coletas de sangue após o exercício podem estar relacionadas ao número não consistente de células T CD8+ que foram relatados em diferentes artigos (Nogueira; Lima *In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Wang et al In: Xiao, 2020*).

Até agora, é aceito que o exercício está de alguma forma correlacionado com a função das células T. No entanto, é debatido se a proliferação de células T é realmente prejudicada durante ou após o exercício. Assim, mais pesquisas são necessárias para esclarecer a relação entre contagem e função de células T em diferentes programas de treinamento físico.

Resumo sobre as respostas imunológicas celulares em função do exercício físico e perspectivas futuras

Durante o exercício, há variações significativas nos níveis circulantes de células imunes, que afetam o tráfego e a função dos leucócitos. A resposta imune induzida por uma única sessão de exercício é temporária, mas esses efeitos se acumulam ao longo do tempo, levando a adaptações imunológicas decorrentes do treinamento crônico.

Enquanto períodos prolongados de exercício intenso podem deprimir a imunidade, o treinamento regular é amplamente reconhecido por reduzir o risco de doenças, como infecções do trato respiratório superior, devido a seus efeitos anti-inflamatórios e à reinvigorante atividade tímica.

É necessária uma padronização rigorosa dos estudos para fornecer dados confiáveis que ajudem a melhorar a segurança do exercício e o estado de saúde. Experimentos pré-clínicos demonstraram que o exercício pode regular diretamente o sistema imunológico e ter efeitos indiretos sobre doenças como câncer, asma, doenças crônicas e cardiovasculares, por meio da modulação da resposta imune. Isso sugere uma nova direção para os estudos de imunologia do exercício, visando explorar o treinamento físico como uma estratégia de terapia complementar.

Para avançar nesse campo, é necessário investigar mais profundamente os mecanismos moleculares de infiltração de células imunes, regulação funcional e citocinas inflamatórias durante o exercício.

A tabela 1 apresenta uma relação de parâmetros que mensuram o nível de intensidade do exercício físico, para analisar as respostas imunológicas, enquanto que a figura 1 apresenta um gráfico didático sobre o nível de atividade física ou de exercício físico e o efeito na saúde, enquanto que as figuras 2 e 3 também de forma didática mostram a relação entre a magnitude da carga do exercício físico e a imunovigilância, bem como o comportamento

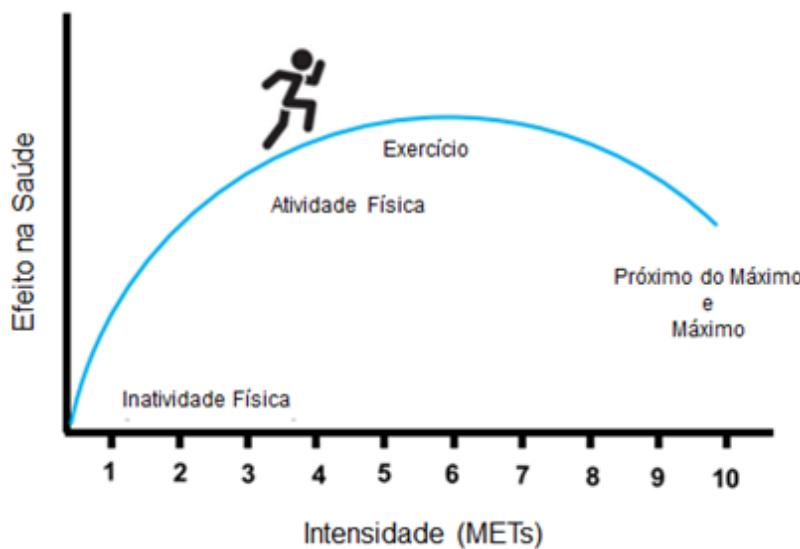
na contagem de linfócitos mediante uma sessão aguda de treino.

Tabela 1. Parâmetros de mensuração de nível de intensidade do exercício físico.

Intensidade	$\text{VO}_{2\text{máx.}}$	MET
Muito leve	< 37%	<2
Leve	37-45%	2-2,9
Moderado	46-63%	3-5,9
Vigoroso	64-90%	6-8,7
Próximo do máximo e máximo	$\geq 91\%$	$\geq 8,8$

Fonte: adaptado de Scheffer e Latini (2020, p. 3).

Figura 1. Nível de atividade física ou de exercício físico e a efeito na saúde.



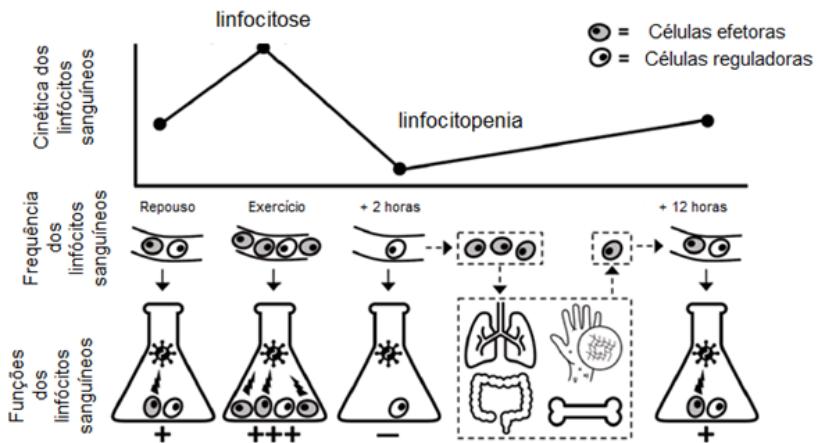
Fonte: adaptado de Scheffer e Latini (2020, p. 3).

Figura 2. Modelo esquemático da carga de exercício físico/estresse contínuo e a relação entre as medidas de vigilância imunológica.



Fonte: adaptado de Nogueira e Lima In: Montenegro; Carvalho; Marega (2024, p. 252).

Figura 3. Alterações apresentadas pelos linfócitos em resposta a uma sessão aguda de treinamento.



Fonte: adaptado de Nogueira e Lima In: Montenegro; Carvalho; Marega (2024, p. 253).

Deve-se considerar o tipo de público, nível de condicionamento físico dos indivíduos estudados, tipo de exercício físico, momento da periodização em que ocorreu o estudo, entre outros, pois as respostas podem não seguir um padrão replicável para qualquer condição.

Com isso são apresentados exemplos de estudos que

reforçam essa afirmativa.

O estudo de Krüger *et al* (2011) teve como objetivo verificar em indivíduos sem experiência com treinamento de força muscular e de endurance, o efeito de diferentes intensidade do treino de resistência de força muscular (intenso = 75% 1RM *vs* moderado = 60% 1RM) na ativação e apoptose de linfócitos, em que foram medidos: frequência cardíaca, lactato, IL-6, proteína c-reativa e cortisol.

Para isso, 15 homens compuseram a amostra [idade (anos) $26,86 \pm 1,01$, peso (kg) $78,92 \pm 2,81$, índice de massa corporal (kg/m²) $24,33 \pm 0,79$], que apesar de não ter ficado explícito no artigo, entende-se que todos realizaram os dois protocolos com algum espaçamento de dias entre eles. Destaca-se que seguiram a mesma rotina de oito exercícios para o corpo inteiro e intervalo de descanso, portanto a variação apenas se deu sobre a intensidade e a quantidade de repetições.

Os resultados foram que ambos os protocolos aumentarem significativamente as concentrações de lactato, a frequência cardíaca. Porém, apenas o protocolo intenso aumentou significativamente as concentrações de IL-6 e proteína c-reativa 3 horas após a sessão de treino, em que apesar de reduzir após 24 horas, não retornou aos valores pré. Já o protocolo moderado, não induziu aumentos significativos de IL-6 e proteína c-reativa, em que os valores pós 24 horas se mantiveram muito próximo dos valores pré.

Observou-se também que o protocolo intenso promoveu redução significativa de linfócitos circulantes após 3 horas da sessão de treino e aumento significativo de neutrófilos circulantes no mesmo período, enquanto que o protocolo moderado induziu um aumento significativo de neutrófilos 3 horas após a sessão de treino, porém em menor magnitude quando comparado ao protocolo intenso, bem como não ocorreu alteração significativa na contagem de linfócitos sanguíneos.

Por fim, para o protocolo intenso, o cortisol teve aumento significativo 3 horas após a sessão de treino, enquanto que o

protocolo moderado promoveu uma tendência de redução do cortisol.

Esses resultados mostram claramente que protocolos intensos em treino de força muscular, ou resistência de força muscular (75% de 1 RM), em indivíduos destreinados ou sedentários, podem provocar um estresse metabólico e inflamatório de forma que se faz necessário, por meio das citocinas inflamatórias, sinalizar para a medula a liberação de neutrófilos para a circulação em função da alta demanda tecidual (músculo esquelético), bem como promove aumento importante de cortisol, que apesar de contribuir para o fornecimento de energia para a demanda muscular durante o esforço e para sustentar as ações de células imunes na fase aguda (aumento ou manutenção da glicemia), é um hormônio anti-inflamatório que por consequência promove apoptose de linfócitos, o que explica em partes a momentânea redução significativa na contagem de linfócitos, enquanto que outra explicação pode se dar pela migração dessas células para o tecido muscular utilizado durante o esforço. Enquanto isso, treinos moderados (60% de 1 RM) promovem respostas inflamatórias de mais rápida resolução e recuperação para uma nova sessão de treino.

Um estudo de Tuan *et al* (2008), avaliou como um protocolo de treino de resistência cardiorrespiratória pelo método intervalado de alta intensidade (HIIT), aplicado em 3 dias consecutivos em indivíduos “treinados”, gera respostas imunológicas no decorrer da semana. Para isso, foram recrutados 12 homens com experiência em corrida, saudáveis, com média de 23,5 anos de idade ($\pm 4,9$), 63,9 kg de peso corporal ($\pm 2,4$) e com $VO_{2\text{máx}}$ de 70,4 ml.kg.min⁻¹ ($\pm 4,7$).

O protocolo HIIT adotado foi realizado em esteira, com duração de 30 minutos, com média de intensidade de 85% do $VO_{2\text{máx}}$, portanto um protocolo compatível com o perfil dos indivíduos estudados.

Os resultados mostraram que aplicar esse protocolo em 3 dias consecutivos, gerou disfunção mitocondrial de células imunes,

com recuperação apenas 72 horas após a última sessão de treino, induziu crescente apoptose de células imunes com ápice mesmo 72 horas após a última sessão de treino, aumento de TNF- α e sFasL (ligante Fas solúvel expressa em superfície de membranas de linfócitos T e NK, é ativadora de mecanismos de apoptose e pertencente à superfamília do fator de necrose tumoral), mesmo 72 horas após a última sessão de treino.

Assim, percebe-se que mesmo para indivíduos com bom condicionamento físico e perfil próprio de corredor, enfatizar treinos do tipo HIIT pode gerar um estresse imunológico muito grande e assim, demorar muito tempo para a recuperação, o que nos faz questionar sobre a magnitude desse problema para outras populações, como sujeitos obesos ou pacientes oncológicos em tratamento de quimioterapia, sedentários ou com baixo nível de condicionamento cardiorrespiratório.

Já o estudo de 8 semanas de Vella, Taylor e Drummer (2017) comparou o “*enjoyment*” (gostar, prazer ou satisfação) e aderência de programa de treinamento HIIT com o programa de treinamento moderado contínuo em indivíduos acima do peso e obesos, em que como dados complementares incluíram $VO_{2\text{pico}}$, pressão arterial, circunferência de cintura, glicemia, insulinemia, perfil lipídico sanguíneo e marcadores inflamatórios. Para isso, 7 homens e 10 mulheres, sedentários, acima do peso ou obesos, com idade entre 18 e 44 anos, foram randomizados entre os grupos de tipos de treinamento físico. O protocolo HIIT ocorreu com 10 séries de 1 minuto de exercício intenso (75-80% da FC de reserva) com 1 minuto de recuperação (35-40% da FC de reserva), em que a intensidade ficou equivalente à 84-87% da $FC_{\text{máx}}$, compatível com a literatura sobre o assunto. Já o protocolo moderado contínuo ocorreu com 20 minutos de exercício em 55-59% da FC de reserva. Ambos os grupos tiveram 5 minutos de aquecimento e 5 minutos de volta à calma com 35-40% da FC de reserva, portanto totalizando 30 minutos de sessão de treino.

Os resultados mostraram que o HIIT foi superior para redução de LDL e aumento de $VO_{2\text{pico}}$ quando comparado ao

moderado contínuo, porém isso foi acompanhado de aumento nas concentrações de proteína c-reativa, portanto os poucos benefícios encontrados pelo HIIT ocorreram com as custas de um aumento na inflamação de repouso desses indivíduos, portanto pode não ser a melhor estratégia, enquanto que o protocolo moderado levou à uma tendência de redução da proteína c-reativa de repouso. Além disso, os resultados mostraram similar aderência ou “*enjoyment*” entre os protocolos.

Sabidamente a afirmação de que o HIIT seja mais eficiente para reduzir a gordura corporal quando comparado ao moderado contínuo não se sustenta em duas meta-análises (Keating *et al.*, 2017; Wewege *et al.*, 2017)

Por outro lado, um estudo de Peters *et al* (2006) analisou respostas de danos em linfócitos em função de um treino prolongado, que consistiu em 2,5 horas de exercício em esteira em intensidade de 75% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, portanto exercício vigoroso. Nesse caso, ocorreu aumento significativo de cortisol imediatamente pós-treino, porém com redução 3 horas após o treino para valores próximos do momento pré-treino. Similarmente, ocorreram elevação na contagem de neutrófilos e linfócitos imediatamente pós-treino, com redução 3 horas após. Apesar de parecer surpreendente, a amostra foi composta por 8 indivíduos praticantes de corrida de longa distância, dos quais 7 tinham bons índices em provas de maratona e 5 tinham bons índices em provas de 90 km (ultramaratona), com $\text{VO}_{2\text{máx}}$ média de $90,6 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ ($\pm 1,76$).

Portanto, para indivíduos que realizam provas de ultramaratona, que correm por 8-10 horas para percorrer 90 km, é possível realizar treinos vigorosos e prolongados, que dificilmente vão ter problemas de estresse imunológico.

Dentro de uma mesma modalidade esportiva também é possível verificar que as respostas imunológicas não seguem um mesmo padrão para todos os perfis.

Exemplo disso é no futsal, como visto à seguir.

O estudo de Nogueira *et al* (2024) analisou as respostas de

proteína c-reativa de uma sessão de treino, em atletas universitários de futsal do naipe masculino, no início da temporada de treinamento e competição (FUPE – Federação Universitária Paulista de Esportes). No caso, amostra foi composta por 10 atletas que foram submetidos à uma sessão de treino dividida em 2 etapas, a primeira com preparação física e a segunda com treinamento tático/técnico.

Para a etapa de preparação física, os atletas realizaram exercícios em circuito de estações, conforme a tabela 2, enquanto que os exercícios da parte tática/técnica são apresentados pela tabela 3.

Tabela 2. Estações de exercícios da etapa de preparação física.

Estação	Exercícios
1	6 x agachamento barra livre de 20 kg
	6 x salto horizontal
	Sprints de 10 metros
2	5 x subida no plinto unilateral com carga de 10 kg
	4 x salto vertical unilateral
	Sprints de 15 metros ida e volta (5 ida, 5 volta, 5 ida)
3	6 x afundo com carga de 10 kg
	6 x salto vertical
	Corrida de 20 metros em zigue-zague
4	6 x agachamento livre com carga de 10 kg
	6 x salto unilateral
	Sprints de 20 metros

Fonte: adaptado de Nogueira *et al* (2024, p. 232).

Tabela 3. Exercícios da etapa de treino tático/técnico.

Etapa	Exercícios
1	Exercício de superioridade numérica no ataque e recomposição defensiva (20 minutos de exercício – cinco minutos de intervalo de descanso).
2	Exercício de controle de bola e precisão de passes com saídas de bola aceleradas pela linha de fundo (15 minutos de exercício – cinco minutos de descanso).
3	Jogo de 20 minutos com cobrança de intensidade em contra-ataques e recomposição defensiva.

Fonte: adaptado de Nogueira *et al* (2024, p. 233).

A parte 1 (preparação física) teve duração de 65 minutos, enquanto que a parte 2 (tática/técnica) teve duração de 45 minutos, portanto a duração total foi de 110 minutos. A intensidade foi monitorada pela escala de Borg CR 10, que ficou na média de 8,6 ($\pm 0,97$), portanto acima do limiar ventilatório 2 (alta intensidade).

Não ocorreram alterações significativas na proteína c-reativa imediatamente pós-treino e nem 48 horas pós-treino, quando comparados com o pré-treino.

Esses dados conflitam com o estudo de Moura *et al* (2012), que observou imediatamente após uma partida de futsal, em comparação com os valores pré, elevação de marcadores inflamatórios, inclusive de proteína c-reativa, em atletas com uma experiência média de 4,4 anos ($\pm 0,9$) na modalidade, com idade de 26,4 anos ($\pm 3,2$), e $VO_{2\text{pico}}$ de 59,7 ml.kg. min^{-1} . Também ocorreu redução na capacidade fagocítica de neutrófilos e elevação de espécies reativas de oxigênio.

Já Barcelos *et al* (2017) também com atletas, porém nesse caso da elite do futsal brasileiro, verificou que as alterações de proteína c-reativa ocorre mais proeminentemente no final da temporada quando comparado ao início, portanto a proteína c-reativa em atletas parece ser mais sensível à alterações em função

de acúmulo de cargas de estresse fisiológico ao longo prazo.

Esses achados comungam com os de Li *et al* (2018), que apesar de ser outra modalidade, ainda assim de quadra e de característica de intermitência no esforço físico, avaliaram atletas de basquetebol. Na ocasião foram realizados testes de resistência cardiorrespiratória, acompanhados de coletas de proteína c-reativa pré e pós-testes, no início e após 3 meses de treinamento. Os resultados foram de manutenção das concentrações de proteína c-reativa após o primeiro teste e aumento das concentrações de proteína c-reativa após o segundo teste realizado após 3 meses de treinamento.

Ressalta-se que no futsal, atletas profissionais da primeira divisão estadual apresentam níveis superiores de condicionamento físico quando comparados com atletas de futsal universitário, apesar de não ocorrer essa diferença entre profissionais e semiprofissionais (Borges *et al.*, 2021). Essa fato pode também explicar as diferentes respostas na proteína c-reativa em função da tolerância às cargas de treino e nas exigências físicas de partidas.

Os estudos citados servem de exemplos para a discussão acerca do tema “sistema imunológico e exercício físico”, contudo em buscas em bases de dados como PubMed e SciELO pode-se obter mais estudos publicados que sustentam que não existe um padrão fixo de respostas em função do exercício físico, pois existem muitas variáveis, assim o mais importante é monitorar as cargas de treino e os sinais e sintomas de estresse imunológico, por meio de hemograma e/ou questionários específicos.

Referências

- BARCELOS, R. P. *et al.* Functional and biochemical adaptations of elite level futsal
- BORGES, L. *et al.* Updating futsal physiology, immune system, and performance. **Research in Sports Medicine**, v. 30, n. 6, p. 659-676, 2022.

KEATING, S. E. *et al.* A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. **Obesity Reviews**, v. 18, n. 8, p. 943-964, 2017.

KRÜGER, K. *et al.* Intensive resistance exercise induces lymphocyte apoptosis via cortisol and glucocorticoid receptor-dependent pathways. **Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 5, p. 1226-1262, 2011.

LI, Y. *et al.* Dynamic regulation of circulating microRNAs during acute exercise and long-term exercise training in basketball athletes. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 1-11, 2018.

MOURA, N. R. *et al.* Inflammatory Response and Neutrophil Functions in Players After a Futsal Match. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 9, p. 2507-2514, 2012.

NIEMAN, D. C. Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, n. 2, p. 128-39, 1994.

NOGUEIRA, H. S. *et al.* Respostas de concentrações sanguíneas da proteína c reativa em atletas universitários de futsal após uma sessão aguda de treinamento: um estudo piloto. **Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, v. 16, n. 65, p. 230-239, 2024.

NOGUEIRA, H. S.; LIMA, W. P. Exercício físico e câncer (p. 209). In: MONTENEGRO, C. G. S. P.; CARVALHO, J. A. M.; MAREGA, M. (organizadores). **Atividades físicas: fundamentos e aplicações clínicas**. São Caetano do Sul: Ed. Dos Autores, 2022.

PETERS, E. M. *et al.* Prolonged exercise does not cause lymphocyte DNA damage or increased apoptosis in well-trained endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 98, n. 2, p. 124-131, 2006.

players from Brazil along a training season. **Medicina**, v. 53, n. 4, p. 285-293, 2017.

SCHEFFER, D. L.; LATINI, A. Exercise-induced immune

system response: anti-inflammatory status on peripheral and central organs. **BBA – Molecular Basis of Disease**, v. 1866, n. 2020, 2020. doi: 10.1016/j.bbadi.2020.165823.

SIMPSON, R. J. *et al.* Can exercise affect immune function to increase susceptibility? **Exercise Immunology Review**, v. 26, p. 8-22, 2022.

TUAN, T-C. *et al.* Deleterious effects of short-term, high-intensity exercise on immune function: evidence from leucocyte mitochondrial alterations and apoptosis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 1, p. 11-15, 2008.

VELLA, C. A.; TAYLOR, K.; DRUMMER, D. High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. **European Journal of Sports Medicine**, v. 17, n. 9, p. 1203-1211, 2017.

WALSH, N. P. *et al.* Position statement parto one: imune function and exercise. **Exercise Immunology Review**, v. 17, p. 6-63, 2011a.

WALSH, N. P. *et al.* Position statement parto two: imune function and exercise. **Exercise Immunology Review**, v. 17, p. 64-103, 2011b.

WANG, J. *et al.* Exercise regulates the immune system (p. 395). In: XIAO, J. [editor]. **Physical exercise for human health**. Singapura: Springer, 2020.

WEWEGE, M. *et al.* The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, v. 18, n. 6, p. 635-646, 2017.

Capítulo 7

EFEITOS DO TREINAMENTO CARDIORRESPIRATÓRIO E FORÇA SOBRE VALORES PRESSÓRICOS DE INDIVÍDUOS HIPERTENSOS

LEONARDO E.M. LIMA

WILIAN SANTANA

CARLOS SILVA

YURI XAVIER

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é uma condição clínica multifatorial e assintomática caracterizada pela elevação sustentada dos níveis pressóricos, contribuindo significativamente para um grande número de mortes decorrentes de comorbidades, como infarto agudo do miocárdio, acidente vascular encefálico (AVE) e doença renal crônica (Malaquias, 2016). O indivíduo é considerado hipertenso quando seus níveis pressóricos permanecem acima de 130 mmHg para a pressão arterial sistólica (PAS) e 80 mmHg para a pressão arterial diastólica (PAD) (Whelton, Carey, Aronow, Casey et al., 2018). Contudo, a Sociedade Brasileira de Cardiologia define hipertensão como níveis pressóricos iguais ou superiores a 140 mmHg para PAS e 90 mmHg para PAD (Oliveira, Mendes, Malachias, Morais et al., 2017). Embora aproximadamente 25% da população mundial acima de 18 anos seja afetada pela hipertensão, apenas um terço desses indivíduos consegue controlar seus níveis pressóricos (Laterza, Rondon, Negrão, 2007).

Segundo a nova Diretriz de Hipertensão Arterial da

Sociedade Europeia (2024), a classificação da pressão arterial foi atualizada da seguinte forma: pressão não elevada corresponde a PAS <120 mmHg e PAD <70 mmHg; pressão elevada é caracterizada por PAS entre 120-139 mmHg ou PAD entre 70-89 mmHg; A hipertensão é definida por PAS ≥140 mmHg ou PAD ≥90 mmHg. A diretriz também ressalta a importância de medidas fora do consultório, como a monitorização ambulatorial da pressão arterial (MAPA), que possui maior especificidade em comparação com as especificidades feitas em consultórios. Sempre que possível, o MAPA deve ser utilizado para uma avaliação mais precisa. Além dos exercícios aeróbicos, a diretriz recomenda a inclusão de exercícios resistidos, como a musculação, duas a três vezes por semana, melhora o controle da pressão arterial. Exercícios isométricos, como pranchas, agachamento na parede e preensão manual, realizados também duas a três vezes por semana, são indicados como uma estratégia eficaz para reduzir a pressão arterial, especialmente para pessoas que não podem realizar exercícios aeróbicos.

A prática regular de exercícios físicos e a adoção de hábitos de vida saudáveis é importante para a intervenção não medicamentosa no tratamento da HAS em adultos hipertensos, sendo igualmente importante para a manutenção da pressão arterial em níveis normais em adultos saudáveis (Battagin, Dal Corso, Soares, Ferreira et al., 2010). Os benefícios do exercício físico estão relacionados com a hipotensão pós-exercício, aumento da resistência vascular periférica (RVP), aumento do tônus parassimpático no miocárdio e melhora da função endotelial (Monteiro, Rolim, Squinca, Silva et al., 2007; Reis, Ferreira, Prado, Lopes, 2012).

O treinamento cardiorrespiratório, também conhecido como treinamento aeróbico, gera um efeito hipotensivo após o término da atividade, que pode ser interrompido durante a maior parte das 24 horas subsequentes. Esse efeito parece estar associado à diminuição do RVP e ao aumento da atividade parassimpática promovida pelo sistema nervoso autônomo (SNA) (Goodwin, Headley, Pescatello, 2009).

Levando em consideração a relevância do exercício físico

regular como uma forma de tratamento não medicamentoso para o controle da HAS, o presente estudo de revisão bibliográfica tem como objetivo demonstrar as alterações nos valores pressóricos e os efeitos fisiológicos elevados pelo exercício físico, especialmente pelo treinamento cardiorrespiratório e pelo treinamento de força resistido em indivíduos hipertensos.

Hipertensão arterial e hábitos de vida

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) eleva potencialmente os fatores de risco para o surgimento de diversas outras complicações de saúde, tanto cardíacas quanto vasculares. É frequentemente associado a distúrbios metabólicos, alterações funcionais ou estruturais em órgãos-alvo, além de disfunções em mecanismos de barorreceptores, como os mecanorreceptores localizados nos seios carotídeos e no arco aórtico, que controlam a inibição do efluxo simpático e regulam a elevação súbita da pressão arterial por meio de feedback (Katch, Katch, Mcardle, 2016). Entre os fatores de risco existentes, destacam-se a dislipidemia (triglicérides > 150 mg/dl; LDL-C > 100 mg/dl; HDL-C < 40 mg/dl), acúmulo de gordura visceral, resistência à insulina, sedentarismo, fatores genéticos (histórico familiar prematuro de doença cardiovascular), sexo, idade (homens > 55 anos e mulheres > 65 anos) e tabagismo (Laterza, Rondon, Negrão, 2007).

Cabe ressaltar que o comportamento anormalmente elevado da pressão arterial, conhecido clinicamente como hipertensão arterial, provoca uma sobrecarga crônica no sistema vascular, e, caso não seja tratado, pode eventualmente causar lesões nas artérias, resultando em arteriosclerose, cardiopatia, acidente vascular encefálico e insuficiência renal (Katch, Katch, Mcardle, 2016). Dessa forma, a HAS aumenta a carga de trabalho do coração, que precisa atender às demandas energéticas dos exercícios diários e à força que o sangue exerce contra as paredes arteriais durante a sístole ventricular (Katch, Katch, Mcardle, 2016).

Dados indicam que, em 2015, a HAS estava presente em

69% dos indivíduos com a primeira ocorrência de infarto agudo do miocárdio, AVE, insuficiência cardíaca e doença vascular periférica. No Brasil, a HAS contribui para 50% das mortes por doenças cardiovasculares, sendo 60% delas em idosos e 32% em adultos hipertensos (Malachias, 2016).

Segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia (Oliveira, Mendes, Malachias, Morais et al., 2017), a pressão arterial (PA) medida em consultório pode ser avaliada pelo método automático ou auscultatório, sendo considerada elevada quando a PAS é ≥ 140 mmHg e /ou a PAD é ≥ 90 mmHg em pelo menos duas graças. A classificação de indivíduos maiores de 18 anos, de acordo com essa avaliação, é a seguinte: normotensos são aqueles com PAS ≤ 120 mmHg e PAD ≤ 80 mmHg; pré-hipertensos têm PAS entre 121 mmHg e 139 mmHg e PAD entre 81 mmHg e 89 mmHg. A HAS é subdividida em três estágios: estágio 1 (nível) com PAS entre 140 mmHg e 159 mmHg e PAD entre 90 mmHg e 99 mmHg; estágio 2 (moderado) com PAS entre 160 mmHg e 179 mmHg e PAD entre 100 mmHg e 109 mmHg; e estágio 3 (grave) com PAS ≥ 180 mmHg e PAD ≥ 110 mmHg. Entretanto, em 2017, a American Heart Association (AHA) e o Colégio Americano de Cardiologia (ACC) reduziram os valores referentes à definição de HAS de 140/90 mmHg para 130/80 mmHg, justificando que a hipertensão está diretamente associada ao estilo de vida sedentário, ao consumo excessivo de sal e gorduras saturadas, além do excesso de peso, algo muito comum nos Estados Unidos (Whelton, Carey, Aronow, Casey et al., 2018).

Em concordância com Whelton (Whelton, Carey, Aronow, Casey et al., 2018), outros estudos indicam que o sedentarismo, aliado a uma alimentação desregulada, é um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento da HAS, sendo também associado a doenças cardiovasculares e renais (Malaquias, 2016). De acordo com Mcardle (Katch, Katch, Mcardle, 2016), a prática regular de atividade física pode reduzir, ou até mesmo eliminar, a necessidade de medicação anti-hipertensiva em indivíduos no estágio 1 da HAS. Nossos autores destacam que a menor necessidade de

medicação anti-hipertensiva está diretamente relacionada ao nível de consequência física do indivíduo hipertenso.

Exercícios cardiorrespiratórios e resistidos e suas implicações em indivíduos hipertensos

O exercício físico regular, de pelo menos 30 minutos diários com nível de esforço moderado a vigoroso (Katch, Katch, Mcardle, 2016), desempenha um papel fundamental na manutenção e redução dos níveis pressóricos pós-exercício em indivíduos hipertensos. Espera-se que, com a implementação dessa prática, ocorra uma série de adaptações crônicas promovidas tanto pelo treinamento cardiorrespiratório quanto pelo resistido (Mediano, Paravidino, Simão, Pontes et al., 2005).

A SBC recomenda para a população em geral a prática regular de exercícios físicos de, no mínimo, 30 minutos diários com prática moderada, de forma contínua ou acumulada (2 sessões de 15 minutos ou 3 sessões de 10 minutos), na maioria dos dias da semana. Quando executados de acordo com essa recomendação, como caminhar, correr ou pedalar, tais exercícios parecem auxiliares no controle da pressão arterial, mesmo em situações de estresse físico, mental e psicológico. Assim, atividades predominantemente cardiorrespiratórias, realizadas três vezes por semana, surgem como uma das principais recomendações para a prevenção e tratamento da HAS (Oliveira, Mendes, Malachias, Morais et al., 2017).

Os benefícios do exercício cardiorrespiratório, relacionados à hipotensão pós-exercício, são mostrados expressivos quando associados ao tratamento farmacológico. Em alguns casos, o uso de medicamentos pode ser reduzido ou até suspenso. O efeito hipotensor está relacionado às características do treinamento realizado, com maiores reduções na PA observadas quando: os exercícios envolvem grandes grupos musculares, com intensidades leves a moderadas (40% a 60% do VO₂máx); há um maior volume de sessões; e uma frequência semanal elevada (Medina, Lobo,

Souza, Kanegusuku et al., 2010).

Entre os mecanismos hipotensores específicos relacionados ao treinamento predominantemente cardiorrespiratório, destacam-se: atenuação da resistência vascular periférica (RVP) devido à redução da atividade simpática do miocárdio e, consequentemente, aumento do tônus vagal; aumento do subsídio cardíaco em compensação, decorrente de um maior volume sistólico; e uma maior mobilização de acetilcolina, além de melhora no perfil lipídico (Grundy, Hansen, Smith Jr, Cleeman et al., 2004).

Em um estudo conduzido por Damorim et al. (2017), foi verificado que o treinamento cardiorrespiratório em indivíduos hipertensos, com idade média de $63,4 \pm 2,1$ anos, realizado em 50 sessões de treinamento moderado, três vezes por semana, comprovado em uma redução significativa de $16,5 \pm 3,4$ mmHg na pressão arterial sistólica (PAS) e de $11,6 \pm 3,6$ mmHg na pressão arterial diastólica (PAD), com essas reduções sendo observadas até a 20^a sessão. Os mecanismos fisiológicos responsáveis por essas reduções na pressão arterial incluem o aumento do débito cardíaco, decorrente do maior volume sistólico em condições seguras, a atenuação da frequência cardíaca (FC) em segurança e o aumento do tônus parassimpático. Além disso, notou-se uma melhora na sensibilidade dos pressorreceptores, acompanhada de uma vasodilatação periférica mediada pela liberação de óxido nítrico (ON) no endotélio (Damorim, Santos, Barros, Carvalho, 2017).

O exercício resistido sonoro, por sua vez, é considerado um complemento ao treinamento cardiorrespiratório. Quando realizado em intensidade moderada, pode reduzir os níveis pressóricos de indivíduos hipertensos (Battagin, Dal Corso, Soares, Ferreira et al., 2010). Segundo as recomendações da SBC (Oliveira, Mendes, Malachias, Morais et al., 2017), o exercício resistido deve ser incorporado de 2 a 3 vezes por semana, envolvendo os principais grupos musculares, com prioridade para exercícios unilaterais. Recomenda-se a realização de 8 a 10 exercícios, sem ultrapassar 3 séries de 10 a 15 repetições até a fadiga moderada, com pausas

de 90 a 120 segundos entre as séries. Além disso, é importante orientar o praticante sobre a expiração durante a fase concêntrica do movimento e a inspiração durante a fase excêntrica, evitando a manobra de Valsalva e o aumento excessivo da velocidade de execução (Malachias, 2016).

De acordo com Battagin (Battagin, Dal Corso, Soares, Ferreira et al., 2010), o exercício resistido de alta intensidade e/ou isométrico deve ser evitado, pois pode aumentar exponencialmente os níveis pressóricos. Em contrapartida, quando realizado de forma isotônica, com intensidade moderada, é mais adequado, especialmente para indivíduos idosos, contribuindo para a manutenção das capacidades funcionais e para a prevenção e reabilitação da osteoporose e sarcopenia, além de aumentar a sensibilidade à insulina.

A hipotensão causada pelo treinamento resistido dinâmico é pouco documentada na literatura. No entanto, o estudo de Gomes (Gomes, Borges, Rossi, Moura et al., 2017), que analisou a influência desse tipo de treinamento na sensibilidade barorreflexa em ratos hipertensos, demonstrou uma melhora significativa na resposta bradicárdica, o que resultou na redução da atividade cardíaca simpática, aumentou o FC em benefício, subsídio cardíaco e PA pós-exercício, além de promover aumento da força e massa muscular. O estudo utilizou cargas moderadas (40-60%), ajustadas progressivamente, durante dois meses, com sessões realizadas cinco vezes por semana, compostas por 15 séries por sessão, com pausas de 60 segundos.

Outro estudo, realizado com ratos espontaneamente hipertensos (REH), avaliou duas diferentes intensidades de treinamento resistido sobre um PA. Os resultados indicaram que, embora o protocolo de maior intensidade tenha promovido maiores ganhos de força, os efeitos climáticos sobre a PA foram semelhantes às intensidades moderadas no controle da hipertensão arterial grave (HAG), impedindo o aumento da PA (Neves, Souza, Passos, Bacurau et al., 2016).

Assim, o treinamento resistido sonoro oferece benefícios relacionados ao aumento da força e da massa muscular, melhorando a capacidade funcional e diminuindo o esforço físico e cardiovascular. Mesmo que não proporcione reduções tão significativas da PA quanto ao treinamento predominantemente cardiorrespiratório, qualquer diminuição nos níveis pressóricos é considerada benéfica para hipertensos controlados, tornando-se uma terapia importante adjunta ao tratamento medicamentoso, auxiliando no controle e redução da PA (Brand, Griebeler, Roth, Mello et al., 2013).

Treinamento cardiorrespiratório

Em um estudo abrangente, Monteiro et al. (2007) identificaram reduções significativas na pressão arterial sistólica (PAS) de 8 mmHg, na pressão arterial diastólica (PAD) de 3 mmHg e na pressão arterial média (PAM) de 3 mmHg, além de um aumento de 42% no condicionamento cardiorrespiratório ($\text{VO}_2\text{máx}$) em 16 mulheres hipertensas controladas, com idade média de 56 ± 3 anos. Esses participantes foram submetidos a um protocolo de treinamento cardiorrespiratório e alongamentos ao longo de quatro meses, com sessões de 90 minutos em intensidade moderada (60% do $\text{VO}_2\text{máx}$). A permissão para o início das sessões de treinamento era concedida somente quando os valores de PAS e PAD estivessem abaixo de 140 mmHg e 90 mmHg, respectivamente. Uma análise revelou que os efeitos do exercício foram mais benéficos em pacientes com níveis de pressão arterial mais elevados no início do protocolo.

Tabela 2. Valores pressóricos médios de indivíduos hipertensos após protocolos de treinamento cardiorrespiratório

Autores	Intensidade	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
Monteiro <i>et al.</i> , (2007)	Moderada (60% do VO ₂ máx)	8mmHg	3mmHg
Damorin <i>et al.</i> , (2017)	Moderada (40 – 60% FCmáx)	16mmHg	11mmHg
Santos <i>et al.</i> , (2015)	Moderada (60 – 65%) e alta (80 – 85% FCReserva)	9,7mmHg 10,1mmHg	8,4mmHg 12,3mmHg
Reis <i>et al.</i> , (2012)	Moderada (50 – 70% FCmáx)	17,2mmHg	7,6mmHg

Seguindo essa linha, Damorin et al. (2017) realizaram um estudo com 69 hipertensos controlados ($63,4 \pm 2,1$ anos) divididos em grupos de treinamento de força (TF) e treinamento cardiorrespiratório (TC). Ambos os protocolos consistiram em 50 sessões, realizadas três vezes por semana, com intensidade moderada (40% a 60% da frequência cardíaca máxima - FCmáx). Os resultados mostraram reduções de 16 mmHg na PAS e 11 mmHg na PAD, a partir dos valores iniciais de $151,8 \pm 11,5$ mmHg e $93,9 \pm 10,8$ mmHg, respectivamente. Esses achados corroboram com os de Monteiro et al. (2007), demonstrando os efeitos benéficos de práticas regulares para controle da pressão arterial.

A maior parte dos estudos envolve hipertensão arterial sistêmica (HAS) e treinamento cardiorrespiratório focado em exercícios de intensidade moderada, conforme recomendações da SBC (Malachias, 2016) e ACC (Whelton et al., 2018). Nesse contexto, Santos et al. (2015) compararam os efeitos de treinamentos cardiorrespiratórios intensos (80-85% da frequência cardíaca de reserva) e moderados (65-70% da frequência cardíaca de reserva) em 32 hipertensos controlados (48 ± 9 anos) durante oito semanas. Ambos os protocolos resultaram em reduções graves na pressão arterial, com o grupo de treinamento intenso (TCI) apresentando reduções de $136,6 \pm 12,8$ mmHg para $126,5 \pm 13,5$ mmHg na PAS e de $83,2 \pm 8,2$ mmHg para $70,9 \pm 9,2$ mmHg

no PAD. Já o grupo de treinamento moderado (TCM) mostrou reduções de $139,4 \pm 13,7$ mmHg para $129,7 \pm 5,2$ mmHg na PAS e de $70,3 \pm 10,1$ mmHg para $65,5 \pm 6,2$ mmHg no PAD.

Apesar da redução significativa na duração das sessões de treinamento, os autores concluíram que o TCI teve um papel notável na diminuição do PA. Além disso, os efeitos hipotensores foram semelhantes entre os dois protocolos, indicando que tanto exercícios aeróbicos moderados quanto de alta intensidade, quando realizados por longos períodos e com gasto calórico equivalente, ajudam na manutenção da PA e oferecem proteção cardiovascular (Santos et al., 2015).

Por outro lado, Molmen-Hansen et al. (2012) realizaram um estudo com indivíduos em hipertensão estágios 1 e 2, submetidos a protocolos de treinamento cardiorrespiratório intervalado (90% da FCmáx) e contínuo (70% da FCmáx) durante 12 semanas. Os resultados sugeriram que a atenuação da PA é dependente da intensidade do exercício, em virtude do volume sistólico (VS), da fração de ejeção (FE) e da contratilidade miocárdica. Além disso, o treinamento intenso promoveu uma melhoria significativa da função endotelial, associada ao aumento da biodisponibilidade de óxido nítrico (ON), causada pela maior tensão de cisalhamento gerado pelo exercício aeróbico. Segundo os autores, o exercício de alta intensidade poderia ser comparado ao tratamento anti-hipertensivo monoterápico.

Reis et al. (2012) também desenvolveu para essa discussão ao submetido 75 indivíduos hipertensos, obesos e sedentários ($54 \pm 4,9$ anos) a 24 sessões de treinamento aeróbico com intensidade entre 50% e 70% da frequência cardíaca máxima, três vezes por semana. Os resultados obtiveram uma redução na PAS de 17,2 mmHg e na PAD de 7,6 mmHg, resultados significativos atribuídos à diminuição da atividade simpática específica e à melhoria da função endotelial vascular. Esses mecanismos, mediados pela liberação de ON, resultam em vasodilação periférica e redução da vasoconstricção (Damorin et al., 2017). Além disso, Katch, Katch e McArdle (2016) destacam que a distensão dos vasos e o aumento

do fluxo sanguíneo local aumentam a síntese de ON, contribuindo para a redução da pressão arterial.

Por fim, uma queda acentuada no PAS observada por Reis et al. (2012) pode ser explicado pelas características da amostra, composto por indivíduos obesos, sedentários e com hipertensão nos estágios 1 e 2. Esses fatores reforçam a associação da hipertensão com o estilo de vida sedentário, dieta rica em sal e gorduras saturadas, e o excesso de peso (Whelton et al., 2018).

Treinamento de força (resistido)

O estudo supracitado de Damorin (DAMORIM; SANTOS; BARROS; CARVALHO, 2017) demonstrou que, apesar dos efeitos hipotensores do treinamento cardiorrespiratório demonstrarem maior magnitude nas reduções da PA de indivíduos hipertensos, o protocolo de treinamento resistido promoveu reduções significativas tanto da PAS quanto da PAD ($6,9 \pm 2,8\text{mmHg}$ e $5,3 \pm 1,9\text{mmHg}$, respectivamente), sendo observado que os efeitos hipotensivos da PAS para ambos os grupos foram significativos até a 20^º sessão. A partir desse período, foi observado um platô das adaptações proporcionadas pelo treinamento de força. Segundo o autor, os mecanismos adaptativos, relacionados a essa estagnação, não puderam ser identificados.

Tabela 3. Valores pressóricos médios de indivíduos hipertensos após protocolos de treinamento resistido

Autores	Intensidade	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
Damorin <i>et al.</i> , (2017)	Moderada (50 - 70% de 1RM e 60" de pausa)	6,9mmHg	5,3mmHg
Brand <i>et al.</i> , (2013)	Moderada (40 – 70% de 1RM e 30 - 90" de pausa)	5,2mmHg*	5,17mmHg*
Terra <i>et al.</i> , (2008)	Moderada a alta (60 – 80% de 1RM e 60 – 90" de pausa)	10,5mmHg	0,96mmHg*

O estudo referenciado por Damorin (Damorim; Santos; Barros; Carvalho, 2017) demonstrou que, apesar dos efeitos hipotensores do treinamento cardiorrespiratório apresentarem maior magnitude nas reduções da pressão arterial (PA) em indivíduos hipertensos, o protocolo de treinamento resistido também promoveu reduções significativas tanto da pressão arterial sistólica (PAS) quanto da pressão arterial diastólica (PAD), com valores de $6,9 \pm 2,8$ mmHg e $5,3 \pm 1,9$ mmHg, respectivamente. Observou-se que os efeitos hipotensivos da PAS foram significativos até a 20^a sessão para ambos os grupos. A partir desse período, uma estagnação das adaptações fornecidas pelo treinamento de força foi identificada. Segundo o autor, os mecanismos adaptativos relacionados a essa estagnação, não puderam ser claramente definidos.

Em uma análise mais aprofundada, Brand et al. (Brand; Griebeler; Roth; Mello et al., 2013) investigaram os efeitos de 48 semanas de treinamento resistido sobre as alterações cardiovasculares de 15 indivíduos hipertensos controlados e normotensos, com idade média de 53 ± 3 anos. Os participantes foram divididos em dois grupos, realização de sessões de treinamento com duração de 60 minutos, em dias alternados, três vezes por semana, com intensidade leve a moderada (40% - 70% de 1RM).

Após o período de teste, não foram divulgados resultados estatisticamente significativos em relação ao pré-teste em nenhum dos grupos; no entanto, qualquer redução nos valores pressóricos pode ser considerada clinicamente importante, pois representa um mecanismo fisiológico de redução da PA em indivíduos hipertensos que já estão sob tratamento com medicamentos anti-hipertensivos. Os autores ainda afirmaram uma leve melhora ou estagnação nas adaptações das variáveis hemodinâmicas, o que pode ser considerado favorável, já que os níveis pressóricos e os efeitos adversos da hipertensão dos indivíduos não se agravaram (Brand; Griebeler; Roth; Mello et al., 2013).

No estudo conduzido por Terra (Terra; Mota; Rabelo; Bezerra et al., 2008), idosas hipertensas, com idade média de

66,8 ± 5,6 anos e sedentárias, controladas por medicação anti-hipertensiva, foram aplicadas a 12 semanas de treinamento resistido com três sessões semanais de intensidade moderada a alta (60% - 80% de 1RM). Foi verificada uma redução significativa na PAS (10,5 mmHg), na pressão arterial média (6,2 mmHg) e na Duplo Produto de repouso (2218,6), corroborando os resultados de Brand et al. (Brand; Griebeler; Roth; Mello et al., 2013) e ressaltando a segurança do treinamento resistido a longo prazo em indivíduos hipertensos.

Além disso, mesmo com o aumento substancial da PA durante o treinamento, observa-se que o exercício resistido a longo prazo não eleva a pressão arterial em repouso. A principal característica do treinamento resistido é proporcionar ao indivíduo hipertenso a capacidade de manter os níveis pressóricos de PAS e PAD em valores aceitáveis, já que, durante a prática desta modalidade, os valores de PA podem aumentar de forma irregular, especialmente em indivíduos destreinados (Katch; Katch; Mcardle, 2016).

Contrariando as informações anteriores, o protocolo de treinamento utilizado pela Terra (Terra; Mota; Rabelo; Bezerra et al., 2008) foi eficaz para promover mudanças na categoria do estágio hipertensivo da média do grupo experimental, passando de pré-hipertensão para valores normais, resultando em uma redução dos níveis pressóricos em segurança ao final da pesquisa.

Observe que a prática do treinamento resistido em indivíduos hipertensos está associada ao aumento da força muscular, à melhoria da capacidade funcional e motora, proporcionando maior autonomia, menor esforço físico e estresse cardiovascular durante as atividades cotidianas, especialmente para a população idosa (Brand; Griebeler; Roth; Mello et al., 2013). Por outro lado, Gomes et al. (Gomes; Borges; Rossi; Moura et al., 2017) observaram que, em um período de oito semanas de treinamento resistido com ratos espontaneamente hipertensos, houve um aumento significativo da força muscular e uma melhora na sensibilidade barorreflexa, promovendo uma resposta bradicárdica significativa e

diminui a frequência cardíaca de segurança.

Por fim, a revisão sistemática de Edwards (Edwards; Deenmamode; Griffiths; Arnold et al., 2023) e colaboradores buscaram atualizar as informações sobre os efeitos do exercício físico na PAS e na PAD em segurança, analisando 270 ensaios clínicos realizados entre 1990 e 2023. Nesta revisão, o autor apresenta resultados significativos em relação às respostas hipotensivas do treinamento aeróbico, do treinamento de força, do treinamento combinado, do HIIT e do treinamento isométrico. É importante ressaltar que a atual diretriz de Hipertensão Arterial da Sociedade Europeia (2024) recomenda a inclusão de exercícios resistidos, como musculação, duas a três vezes por semana, para melhorar o controle da pressão arterial. A inclusão de exercícios isométricos, duas a três vezes por semana, também pode ser uma excelente estratégia para reduzir a pressão arterial, especialmente para aqueles que não podem realizar exercícios aeróbicos. Exercícios como pranchas, agachamento na parede e manual de preensão são recomendados de acordo com a nova diretriz. Entretanto, o treinamento isométrico apresentou maior eficácia na redução do PAS e do PAD, contribuindo para futuras recomendações e diretrizes.

Com base nos resultados encontrados, pode-se considerar que o exercício físico desempenha um papel fundamental na prevenção, manutenção e tratamento da hipertensão arterial sistêmica (HAS), sendo eficiente na atenuação dos níveis pressóricos de indivíduos hipertensos controlados. Os benefícios do treinamento cardiorrespiratório de intensidade moderada a alta são mostrados mais consistentes na literatura, ou que podem ser explicados pela segurança constatada durante a prática desse padrão de treinamento, contribuindo, assim, para um maior volume de pesquisas realizadas.

Os estudos que investigaram os efeitos do treinamento cardiorrespiratório sobre os parâmetros hemodinâmicos de indivíduos hipertensos descobriram que os participantes com níveis pressóricos mais elevados no pré-teste alcançaram maior

hipotensão após o período de treinamento. Os possíveis mecanismos identificados para a hipotensão após o protocolo de treinamento cardiorrespiratório incluem a melhora da sensibilidade barorreflexa, a diminuição da resistência vascular periférica (RVP) proveniente da atenuação do efluxo simpático, o aumento do tônus vagal, que contribui para a diminuição da frequência cardíaca de repouso, e o aumento significativo do volume de ejeção, já que o ventrículo esquerdo de um indivíduo treinado apresenta maior diâmetro e contratilidade em comparação a um sedentário.

Por outro lado, o treinamento resistido para indivíduos hipertensos ainda tem sido pouco investigado. Tanto as diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia quanto as do *American College of Cardiology* e estudos mais recentes afirmam que esse modelo de treinamento, quando associado ao tratamento medicamentoso, pode ser considerado um fator protetor cardiovascular.

Dessa forma, pode-se afirmar que o treinamento resistido de longa duração é seguro para seus praticantes, já que suas variáveis são manipuladas especificamente. Além disso, foram verificadas reduções significativas tanto no PAS quanto no PAD, embora não sejam respostas consistentes. Contudo, qualquer redução nos valores pressóricos de indivíduos hipertensos pode ser considerada clinicamente importante.

Em consonância com essas informações, o treinamento isométrico foi mostrado como uma excelente opção para o controle do HAS. Tanto o treinamento predominantemente cardiorrespiratório quanto o treinamento resistido ou isométrico, quando associado ao tratamento medicamentoso, têm se revelado fundamentais na prevenção, manutenção e tratamento de indivíduos hipertensos. Contudo, a adoção de hábitos alimentares mais saudáveis é indispensável para evitar a progressão da morbidade, considerando que uma alimentação rica em sódio e gorduras saturadas, em conjunto com o sedentarismo, representa um dos principais fatores de risco.

Diante disso, recomenda-se que indivíduos hipertensos e

normotensos adotem um estilo de vida mais saudável, incorporando os dois métodos de treinamento recomendados pelas diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia e do *American College of Cardiology* em seu cotidiano, possibilitando assim a redução dos fatores de risco associado ao HAS.

Referências

- BATTAGIN, A. M.; DAL CORSO, S.; SOARES, C. L. R.; FERREIRA, S. *et al.* Pressure response after resistance exercise for different body segments in hypertensive people. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, 95, p. 405-411, 2010.
- BRAND, C.; GRIEBELER, L. C.; ROTH, M. A.; MELLO, F. F. *et al.* Efeito do treinamento resistido em parâmetros cardiovasculares de adultos normotensos e hipertensos. **Rev. bras. cardiol. (Impr.)**, p. 435-441, 2013.
- DAMORIM, I. R.; SANTOS, T. M.; BARROS, G. W. P.; CARVALHO, P. R. C. Cinética hipotensiva durante 50 sessões de treinamento de força e aeróbio em hipertensos: ensaio clínico randomizado. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 108, p. 323-330, 2017.
- EDWARDS, J. J.; DEENMAMODE, A. H.; GRIFFITHS, M.; ARNOLD, O. *et al.* Exercise training and resting blood pressure: a large-scale pairwise and network meta-analysis of randomised controlled trials. **British Journal of Sports Medicine**, 57, n. 20, p. 1317-1326, 2023.
- GOMES, M. F. P.; BORGES, M. E.; ROSSI, V. d. A.; MOURA, E. d. O. C. d. *et al.* Efeito do Treinamento Físico Resistido na Sensibilidade Barorreflexa de Ratos Hipertensos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 108, p. 539-545, 2017.
- GOODWIN, K. A.; HEADLEY, S. A.; PESCATELLO, L. S. Exercise prescription for the prevention and management of hypertension. **American Journal of Lifestyle Medicine**, 3, n. 6, p. 446-449, 2009.

GRUNDY, S. M.; HANSEN, B.; SMITH JR, S. C.; CLEEMAN, J. I. *et al.* Clinical management of metabolic syndrome: report of the American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute/American Diabetes Association conference on scientific issues related to management. **Circulation**, 109, n. 4, p. 551-556, 2004.

Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension. European Heart Journal (2024) 00, 1–107 <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae178>

KATCH, F.; KATCH, V.; MCARDLE, W. Fisiologia do Exercício-Nutrição, Energia e Desempenho Humano. **Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan**, 2016.

LATERZA, M. C.; RONDON, M.; NEGRÃO, C. E. Efeito anti-hipertensivo do exercício. **Rev Bras Hipertens**, 14, n. 2, p. 104-111, 2007.

MALACHIAS, M. V. B. 7^a Diretriz brasileira de hipertensão arterial: apresentação. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, 107, p. XV-XIX, 2016.

MEDIANO, M. F. F.; PARAVIDINO, V.; SIMÃO, R.; PONTES, F. L. *et al.* Comportamento subagudo da pressão arterial após o treinamento de força em hipertensos controlados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 11, p. 337-340, 2005.

MEDINA, F. L.; LOBO, F. d. S.; SOUZA, D. d.; KANEKUSUKU, H. *et al.* Atividade física: impacto sobre a pressão arterial. **Rev Bras Hipertens**, 17, n. 2, p. 103-106, 2010.

MOLMEN-HANSEN, H. E.; STOLEN, T.; TJONNA, A. E.; AAMOT, I. L. *et al.* Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. **European journal of preventive cardiology**, 19, n. 2, p. 151-160, 2012.

MONTEIRO, H. L.; ROLIM, L.; SQUINCA, D. A.; SILVA, F. C. *et al.* Efetividade de um programa de exercícios no

condicionamento físico, perfil metabólico e pressão arterial de pacientes hipertensos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 13, p. 107-112, 2007.

NEVES, R. V. P.; SOUZA, M. K.; PASSOS, C. S.; BACURAU, R. F. P. *et al.* Treinamento de força em ratos espontaneamente hipertensos com hipertensão arterial grave. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 106, p. 201-209, 2016.

OLIVEIRA, G. M. M. d.; MENDES, M.; MALACHIAS, M. V. B.; MORAIS, J. *et al.* Diretrizes em Hipertensão Arterial para Cuidados Primários nos Países de Língua Portuguesa. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 109, p. 389-396, 2017.

REIS, S. M.; FERREIRA, V. R. F.; PRADO, F. L.; LOPES, A. M. d. C. Análise da resposta pressórica mediante exercício físico regular em indivíduos normotensos, hipertensos e hipertensos-diabéticos. **Rev. bras. cardiol.(Impr.)**, p. 290-298, 2012.

SANTOS, R. Z. d.; BUNDCHEN, D. C.; AMBONI, R.; SANTOS, M. B. d. *et al.* Treinamento aeróbico intenso promove redução da pressão arterial em hipertensos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 21, p. 292-296, 2015.

TERRA, D. F.; MOTA, M. R.; RABELO, H. T.; BEZERRA, L. M. A. *et al.* Redução da pressão arterial e do duplo produto de repouso após treinamento resistido em idosas hipertensas. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 91, p. 299-305, 2008.

WHELTON, P. K.; CAREY, R. M.; ARONOW, W. S.; CASEY, D. E. *et al.* 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. **Journal of the American College of Cardiology**, 71, n. 19, p. e127-e248, 2018.

SEÇÃO II

DESAFIOS DA PROMOÇÃO DA ATIVIDADE FÍSICA E COMPORTAMENTOS DE RISCO

Capítulo 8

PREScrição do treinamento aeróbio na síndrome metabólica e obesidade

ALEXANDRE B. GOMES

ADRIANO VERAME

LEONARDO LIMA

EDUARDO BARBOSA

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

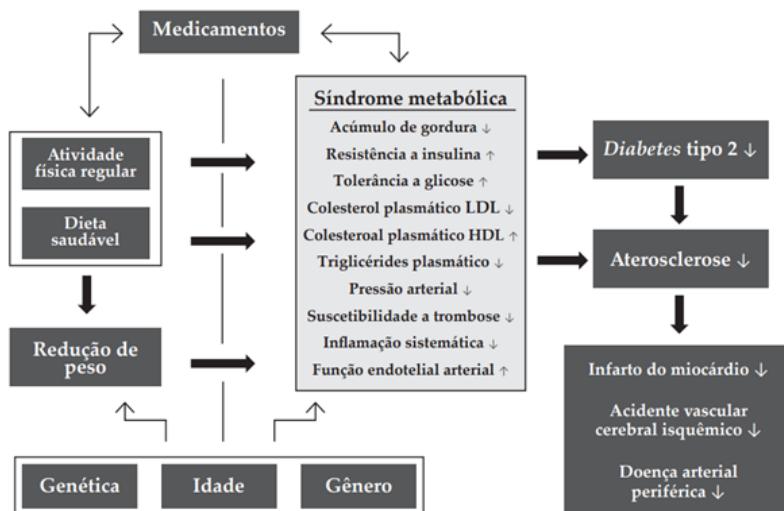
Introdução

O excesso de peso e obesidade tornaram-se uma grave preocupação de saúde pública devido à sua prevalência mundial em um rápido crescimento associado a morbidade e a mortalidade (THE GBD 2015 OBESITY COLLABORATORS, 2017). Indivíduos com excesso de peso ou obesos são mais suscetíveis a desenvolver Diabetes Mellitus Tipo 2 (DMT2), Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) e Doenças Cardiovasculares (DCV) (KHAN et al., 2018).

A obesidade é definida pela Organização Mundial Saúde (OMS) como um acúmulo de gordura excessiva que aumenta o risco de comorbidades. O diagnóstico da obesidade é realizado seguindo parâmetros da OMS com base no Índice Massa Corporal (IMC), que é um cálculo relacionando peso corpóreo (kg) e estatura (m)² dos indivíduos. A partir deste parâmetro, é considerado sobrepeso índice superior a 25kg/m², enquanto índice igual ou acima de 30 kg/m² é considerado obesidade (KHAN et al., 2018; THE GBD 2015 OBESITY COLLABORATORS, 2017).

A OMS e outras agências internacionais e nacionais documentaram que os fatores de risco de DCV e Síndrome Metabólica (SM) são dignos de atenção para prevenir e aliviar o fardo das DCV (DIEM et al., 2016). O “Plano de Ação Global para a Prevenção e Controle de Doenças Não Transmissíveis 2013–2020” enfatiza a redução da Atividade Física (AF) insuficiente generalizada e a prevenção de doenças não transmissíveis, incluindo DMT2, obesidade, SM e DCV (RILEY et al., 2016).

Figura 1. AF na etiologia da SM, DMT2 e doenças DCV. Adaptado de Lakka e Laaksonen (2007).



Fonte: Lakka e Laaksonen (2007).

O estilo de vida sedentário e o consumo excessivo de calorias aumentaram significativamente a proporção da população com obesidade nas últimas décadas (THE GBD 2015 OBESITY COLLABORATORS, 2017). Devido a esse crescimento exponencial na obesidade populacional, a incidência de SM aumentou significativamente nas últimas 2 décadas (CAMHI et al., 2009).

Para combater a obesidade e promover um estilo de vida

ativo, é crucial desenvolver estratégias eficazes de promoção da AF, seguindo as diretrizes atuais que recomendam pelo menos 150 a 300 minutos de atividade aeróbica moderada a vigorosa por semana para adultos e idosos e 60 minutos diários para crianças e adolescentes e atividades de fortalecimento muscular devem ser incluídas também, principalmente envolvendo grandes grupos musculares em 2 ou mais dias por semana. (BULL, FC. et al. 2020).

Segundo os autores Zhang et al. (2017) e Chau et al. (2017) sugerem uma ligação forte entre um baixo NAF (definido como movimento que requer energia), Exercício Físico (EF) (definido como movimento planejado, estruturado, repetitivo e intencional destinado a melhorar a Aptidão Cardiorrespiratória (AC)) e a SM. Considerando que o EF e a AF são formas de terapia não medicamentosa para a prevenção e o tratamento da SM, o objetivo deste capítulo será apresentar os diferentes modelos de Treinamento Aeróbico (TA), Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (High Intensity Interval Training - HIIT) e brevemente sobre o Treinamento de Resistência (TR), com foco na aplicação prática.

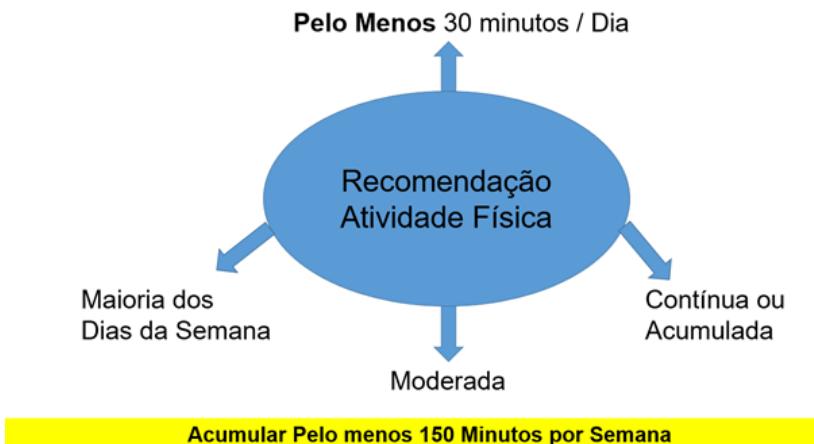
Recomendações para a prática regular de atividade física

Segundo Seligman et al. (2011) um estudo com 75 portadores de SM que foram aleatorizados em 3 grupos: 1) intervenção de 10.000 passos diários, contabilizados por pedômetro; 2) prática de EF supervisionado, 3 dias por semana, com intensidade vigorosa e aconselhamento para caminhada rápida nos dias restantes; 3) aconselhamento para prática de caminhada diária com duração de 1 hora. Todos os grupos receberam orientações nutricionais. Após 12 semanas houve modificação do perfil lipídico, redução de pressão arterial, albumina e glicose em todos os grupos, porém com magnitude superior no grupo que realizou exercícios supervisionados. Após 1 ano de acompanhamento, 64% dos participantes deixaram de ter SM.

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Balducci (2010) multicêntrico italiano no qual 691 portadores de DMT2 e SM foram designados para: 1) um grupo controle, que recebeu aconselhamento para prática de AF regular; 2) um grupo intervenção que consistia na prática de EF progressivo aeróbio e de resistência, ambos realizados 2 vezes por semana e com alta intensidade. Após 12 meses, o grupo intervenção apresentou ganhos de aptidão física, além de redução da pressão arterial, circunferência abdominal, glicemia, Resistência à Insulina (RI) e hemoglobina glicada (HbA1c – determina risco para DMT2).

O autor ressalta que ofertar programas de EF de alta intensidade e supervisionados podem ser uma estratégia adequada para a promoção de mudanças no estilo de vida de pacientes com o perfil apresentado. Na figura 2 é sugerido estratégias para aumentar o Nível de Atividade Física diário (NAF).

Figura 2. Estratégias para aumentar o seu nível de atividade física diária:



Pequenas mudanças diárias somadas ao longo dos meses, podem fazer muito a diferença.

- Aumente o seu número de passos por dia;
- Suba e desça escadas com maior frequência;

- Pegue o ônibus no ponto seguinte;
- Desça uma estação de metrô antes ou depois da sua estação e percorra o restante do trajeto caminhando;
- Ao caminhar tente fazer o mais rápido que puder;
- Faça mais atividades físicas que você gosta, essa é a melhor.

Geralmente, as recomendações atuais de AF sugerem que exercícios aeróbicos moderados a vigorosos são necessários para serem realizados por pelo menos 3 dias por semana para induzir benefícios consideráveis na aptidão física e na saúde de forma geral (LAKKA; LAAKSONEN, 2011). As pesquisas continuam a mostrar que uma baixa porcentagem de indivíduos atende às diretrizes de AF recomendadas em todo o mundo e que essas estatísticas se deterioram à medida que se passa da infância para a idade adulta e o envelhecimento e essas estatísticas pioram na presença de vários estados de doenças. (MATSUDO; MATSUDO; BARROS NETO, 2001).

Fisiopatologia das doenças cardiovasculares e relação entre aptidão cardiorrespiratória e síndrome metabólica

A DCV é um distúrbio do coração e dos vasos sanguíneos que incluem, doença cardíaca coronária, doença cerebrovascular, doença cardíaca reumática e outras condições. A DCV, e sua manifestação clínica predominante da aterosclerose sistêmica, foi responsável por 31% de todas as mortes no mundo em 2017 (WHO, 2022). Aproximadamente 17,9 milhões de indivíduos morreram de DCV em 2015, representando um aumento global de 12,5% entre 2005 e 2015 (WANG et al., 2016). Evidentemente, nossa compreensão e conhecimento de fatores de risco potenciais são essenciais para prevenir o risco de DCV e as taxas de morbidade e mortalidade relacionadas.

A SM é um acúmulo de vários distúrbios que aumentam o risco de DCV, incluindo infarto do miocárdio, acidentes

cerebrovasculares, doenças vasculares periféricas, RI e DMT2 (CHURCH, 2011; SWARUP; ZELTSER, 2021) Além disso, um número crescente de estudos relatou que uma maior Aptidão Cardiorrespiratória (AC), que é definida como a capacidade máxima dos sistemas cardiovascular e respiratório de fornecer oxigênio aos músculos esqueléticos durante o AF, está inversamente relacionada ao desenvolvimento da SM (GARBER et al., 2011). Por outro lado, baixos níveis de AC são um dos principais fatores de risco para SM e mortalidade geral (GARBER et al., 2011).

Outros conjuntos de distúrbios metabólicos que definem a SM incluem obesidade central, RI, HAS e dislipidemia aterogênica (SWARUP; ZELTSER, 2021). A tabela 1. Mostra que o diagnóstico da SM requer a presença de 3 ou mais anormalidades metabólicas:

- | |
|---|
| - Uma circunferência da cintura de mais de 40 polegadas em homens e 35 polegadas em mulheres |
| - Nível de triglicerídeos séricos de 150 mg/dL ou superior |
| - Colesterol de lipoproteína de alta densidade reduzido, menos de 40 mg/dL em homens ou menos de 50 mg/dL em mulheres |
| - Glicemia de jejum elevada de 100 mg/dL ou mais |
| - Valores de pressão arterial sistólica de 130 mm Hg ou superior ou diastólica de 85 mm Hg ou superior |

Fonte: SWARUP; ZELTSER, 2021.

A obesidade central é o principal componente da SM, levando à RI, HAS e dislipidemia (TOMASZ CHOMIUK et al., 2024). A apresentação clínica da SM é variável e depende da DCV subjacente. Os sinais comuns da SM incluem obesidade abdominal com alto IMC e aumento da circunferência da cintura, pressão arterial elevada e sinais de RI (SWARUP; ZELTSER, 2021; TOMASZ CHOMIUK et al., 2024).

Estima-se que pacientes com SM tenham um risco 2 vezes maior de DCV e um risco 5 vezes maior de diabetes tipo 1 ou 2, em comparação com a população em geral (RILEY et al., 2016). A SM também está associada à atherosclerose acelerada, DCV

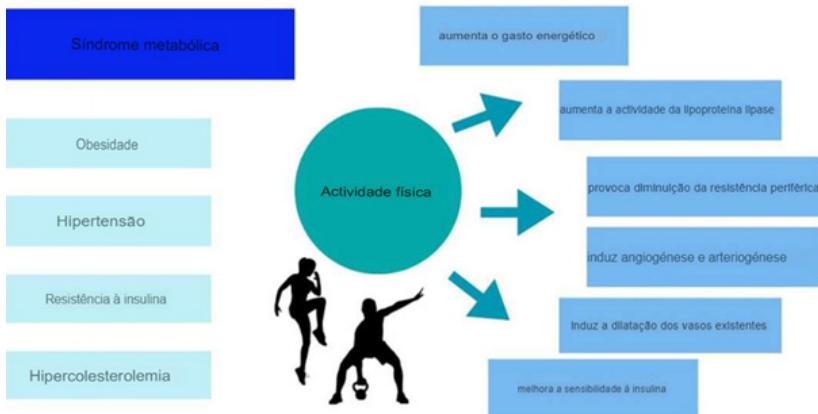
prematuras e DMT2 de início precoce (MUNDI, et al., 2018). É bem reconhecido que a SM é um fator de risco independente para DCV, DMT2, HAS, câncer e mortalidade por todas as causas (MUNDI, et al., 2018).

O DMT2 caracterizado pela resistência ou ausência na produção do hormônio insulina, sendo uma doença que resulta em alterações glicêmicas que tem efeitos adversos nas anormalidades metabólicas (BABRAJ et al., 2009). O DMT2 se desenvolve junto com obesidade, HAS e hipercolesterolemia, o que resulta em controle glicêmico deficiente, hipertensão, colesterol elevado e disfunção endotelial (MANN; BEEDIE; JIMENEZ, 2013).

Também leva a um risco aumentado de desenvolvimento de DCV, um risco 2 a 4 vezes maior de acidente vascular cerebral e um risco 3 a 4 vezes maior de infarto do miocárdio (MUNDI et al., 2018). Evidências acumuladas identificaram os seguintes fatores de risco para DCV são, obesidade, DMT2 e SM, incluindo HAS e hipercolesterolemia (DIEM et al., 2016).

Segundo os autores Zhang et al. (2017) e Chau et al. (2017), sugerem uma ligação convincente entre baixos NAF (definidos como movimento que requer energia), Exercício Físico (EF) (definido como movimento planejado, estruturado, repetitivo e intencional destinado a melhorar a AC) e a SM (GARBER et al., 2011). De fato, vários estudos nas últimas décadas mostraram que quantidades crescentes de AF e maior AC têm um impacto favorável em cada um dos componentes da SM (DUNCAN, 2006; CHURCH, 2011; GARBER et al., 2011).

Figura 3. Resumo do efeito da AF nos componentes da SM.



Fonte: TOMASZ CHOMIUK et al., 2024.

Embora não se possa esperar que as intervenções de AF por si só normalizem a RI, os distúrbios lipídicos ou a obesidade, o efeito combinado do aumento do NAF nesses marcadores de risco, uma melhoria na AC, ou ambos, pode ter um grande impacto nos resultados de saúde relacionados à SM (BABRAJ et al., 2009).

Prescrição do treinamento HIIT para síndrome metabólica

De acordo com a pesquisa mundial de tendências de fitness de 2019 do ACSM, o HIIT foi considerado a principal tendência de fitness de 2014 a 2018, mas as recomendações de exercícios raramente consideram o fator de frequência de exercícios em relação às estratégias populares emergentes de modalidade de exercícios vigorosos ou de alta intensidade (THOMPSON, 2018).

Uma quantidade crescente de evidências sugere que o HIIT pode ser uma estratégia de treinamento mais eficaz para melhorar a AC do que a modalidade convencional de MICT (COSTIGAN et al., 2015; MILANOVIĆ; SPORIŠ; WESTON, 2015). Além disso, estudos anteriores mostraram que o HIIT de alta frequência

(ou seja, ≥ 3 sessões semanais) melhora a tolerância à glicose em adultos pré-diabéticos e não treinados (NYBO et al., 2010).

Porém, as revisões sistemáticas e meta-análises apontam resultados positivos das intervenções baseadas em EF, predominantemente aeróbios contínuos, na redução de glicemia de jejum, circunferência abdominal, pressão arterial e dislipidemia, o que pode diminuir o risco cardiovascular e a presença de SM (TORRES-LEAL; CAPITANI; TIRAPEGUI, 2009). Ressalta-se que a combinação de EF com restrição na ingestão calórica promove melhorias superiores em todos os componentes da SM (CAMHI et al., 2009).

Mesmo que a prática do TA de intensidade moderada seja recomendada para promover modificações metabólicas e fisiológicas, observa-se um crescimento nos estudos baseados no conceito “time efficiency”, ou seja, a utilização de exercícios curtos com intensidade alta (LAURSEN; JENKINS, 2002; MANN, S.; BEEDIE, C.; JIMENEZ, 2013). Estes exercícios parecem: 1) demonstrar ganhos expressivos de condicionamento físico, 2) gerar modificação da composição corporal a partir da diminuição da circunferência abdominal e do percentual de gordura e 3) proporcionar mudanças no perfil glicêmico e da resistência à insulina (TALANIAN et al., 2010).

Algumas recomendações de AF para saúde se baseiam em exercícios contínuos de intensidade moderada que proporcionam, como visto anteriormente, aumento da potência aeróbia ($VO_2\text{máx}$) e redução e prevenção dos fatores de risco associadas à SM (MILANOVIĆ; SPORIŠ; WESTON, 2015). No entanto, a associação de estímulos anaeróbios e aeróbios parece promover melhor controle metabólico que as atividades aeróbias isoladas (MCRAE et al., 2012).

Neste sentido, melhoras na sensibilidade insulínica estão mais relacionadas a exercício de alta intensidade e de baixo volume (LAURSEN; JENKINS, 2002). Neste contexto, os HIIT têm sido sugeridos como alternativa para promover maiores melhorias em

menor tempo e aumentar a motivação e aderência aos programas de exercícios (LAURSEN, P. B.; JENKINS).

Embora não haja textos especificamente voltados à classificação e conceituação do que é o HIIT, alguns trabalhos destacam que HIIT pode ser definido como exercícios de curta a moderada duração (10 s a 5 min) realizados em intensidades superiores ao limiar anaeróbico/máxima fase estável do lactato e seguidos de pausas passivas ou ativas (LAURSEN; JENKINS, 2002). Por outro lado, Gibala e McGee (2008) pontuam que o HIIT é o exercício com esforços repetidos na maior intensidade possível (all-out) ou próxima àquela do (VO₂máx) (>90% do VO₂pico). Um estudo que teve como objetivo comparar o efeito de 12 semanas de MICT e o HIIT sobre parâmetros cardiometabólicos, composição corporal e aptidão cardiorrespiratória em adolescentes obesos do sexo masculino (DEL VECCHIO; GALLIANO; COSWIG, 2013).

Tabela 7. Protocolos de intervenções: Treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e treinamento contínuo de intensidade moderada (MICT).

	Semana 1-4	Semana 5-6	Semana 9-12	Volume das semanas
HIIT 3x por semana	Séries: 2	Séries: 2	Séries: 2	45-54 minutos HIIT e 90 minutos de aquecimento e resfriamento
	Tiros: 8 por série	Tiros: 8 por série	Tiros: 8 por série	
	Duração tiros: 30s	Duração tiros: 30s	Duração tiros: 30s	
	Recuperação: 60s	Recuperação: 45s	Recuperação: 30s	
	Intensidade: 100% VAM	Intensidade: 100% VAM	Intensidade: 100% VAM	
	D= 4 minutos	D= 4 minutos	D= 4 minutos	

MICT 3x por semana	45min ciclismo indoor	45min ciclismo indoor	45min ciclismo indoor	270 minutos
	45min caminhada/ corrida ao ar livre	45min caminhada/ corrida ao ar livre	45min caminhada/ corrida ao ar livre	
	35-55% FCreserva	45-65% FCreserva	55-75% FCreserva	

HIIT = treinamento intervalado de alta intensidade; MICT = treinamento contínuo de intensidade moderada; VAM = velocidade aeróbia máxima; D = descanso entre as séries.

Este estudo concluiu, que o MICT foi o protocolo mais eficaz para redução da massa gorda, medidas antropométricas e melhora do perfil lipídico, enquanto o HIIT foi superior na redução da pressão arterial diastólica em meninos obesos. É importante destacar que as evasões foram inferiores a 10% nos grupos HIIT e MICT, o que demonstra excelente aderência dos adolescentes aos exercícios propostos (DEL VECCHIO; GALLIANO; COSWIG, 2013).

Considerações de implementação

Avaliação individual

Uma vez entendido a importância e benefícios do treinamento aeróbico, tanto contínuo de moderada intensidade quanto de alta intensidade, precisamos ressaltar que antes de prescrever o treinamento aeróbico, uma avaliação abrangente é crucial. Isto deve incluir a avaliação do histórico médico, o nível de condicionamento físico atual e preocupações específicas de saúde relacionadas à síndrome metabólica e à obesidade (AMERICAN HEART ASSOCIATION, 2016).

Considerações de segurança

Indivíduos com síndrome metabólica podem ter comorbidades que exigem uma abordagem cautelosa aos exercícios. É essencial monitorar sinais de sofrimento cardiovascular e ter protocolos de emergência em vigor (KELLEY & KELLEY, 2017).

Motivação e adesão

As estratégias para aumentar a motivação e a adesão incluem o estabelecimento de metas realistas, o fornecimento de apoio social e a incorporação de atividades agradáveis no regime de exercícios. Além disso, o acompanhamento regular e o acompanhamento do progresso podem ajudar a manter o envolvimento e ajustar o programa conforme necessário para garantir o sucesso contínuo. A educação sobre os benefícios da atividade física e seu impacto na saúde geral pode capacitar os indivíduos a assumirem o controle de sua jornada de condicionamento físico. Incorporar variedade nos treinos também pode prevenir o tédio e promover o compromisso de longo prazo com um estilo de vida ativo. Aplicativos de fitness e dispositivos vestíveis podem fornecer feedback em tempo real e promover um senso de responsabilidade, tornando mais fácil para os indivíduos manterem o controle de suas metas de condicionamento físico. Além disso, a criação de uma comunidade de apoio por meio de aulas em grupo ou fóruns on-line pode aumentar a motivação e fornecer uma plataforma para compartilhar experiências e dicas, enriquecendo ainda mais a jornada de treinamento.

Além dos pontos supracitados, incentivar o comparecimento regular, a frequência de treinamento com profissionais da Educação Física também pode oferecer orientação personalizada e ajustes às rotinas, garantindo que os indivíduos permaneçam alinhados com os seus objetivos e capacidades em evolução. Esta abordagem holística não só melhora a saúde física, mas também nutre o bem-estar mental, à medida que os indivíduos encontram afetividade e prazer favorecendo seu progresso e conexão com os outros.

Além disso, incorporar práticas de atenção plena, como ioga ou meditação, pode complementar o treinamento físico, ajudando a reduzir o estresse e melhorar o foco, levando a um estilo de vida mais equilibrado, uma sensação de realização, motivando os indivíduos a permanecerem comprometidos com seus caminhos de condicionamento físico. Revisitar regularmente esses marcos permite que os indivíduos reflitam sobre sua jornada, reforçando sua dedicação e adaptabilidade diante dos desafios individuais ao fazer ajustes informados às suas rotinas, garantindo progresso sustentado e realização nos seus esforços de treinamento. Além disso, o envolvimento com uma comunidade de apoio pode proporcionar incentivo e responsabilidade, tornando a viagem mais agradável, motivadora, favorável à aderência e menos isolada.

Referências

BABRAJ, J. A. et al. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. **BMC Endocrine Disorders**, v. 9, n. 1, 28 jan. 2009.

BALDUCCI, S. Effect of an Intensive Exercise Intervention Strategy on Modifiable Cardiovascular Risk Factors in Subjects With Type 2 Diabetes MellitusA Randomized Controlled Trial: The Italian Diabetes and Exercise Study (IDES)Intensive Exercise and Modifiable CV Risk Factors. **Archives of Internal Medicine**, v. 170, n. 20, p. 1794, 8 nov. 2010.

CAMHI, S. M. et al. Metabolic Syndrome and Changes in Body Fat From a Low-fat Diet and/or Exercise Randomized Controlled Trial. **Obesity**, v. 18, n. 3, p. 548–554, 1 out. 2009.

CHAU, Josephine et al. Tendências na prevalência de atividade física e inatividade no tempo de lazer: resultados das Pesquisas Nacionais de Saúde da Austrália de 1989 a 2011. **Australian and New Zealand journal of public health** , v. 41, n. 6, p. 617-624, 2017.

CHURCH, T. Exercise in Obesity, Metabolic Syndrome, and Diabetes. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 53, n. 6, p. 412–418, maio 2011.

COFFEY, V. G. et al. Early signaling responses to divergent exercise stimuli in skeletal muscle from well-trained humans. **The FASEB Journal**, v. 20, n. 1, p. 190–192, 2 nov. 2005.

COSTIGAN, S. A. et al. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 19, p. 1253–1261, 18 jun. 2015.

DEL VECCHIO, F.; GALLIANO, L.; COSWIG, V. Aplicações do exercício intermitente de alta intensidade na síndrome metabólica. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 18, n. 06, 30 nov. 2013.

DIEM, G. et al. Prevention and control of noncommunicable diseases through evidence-based public health: implementing the NCD 2020 action plan. **Global Health Promotion**, v. 23, n. 3, p. 5–13, 23 jun. 2016.

DUNCAN, G. E. Exercise, fitness, and cardiovascular disease risk in type 2 diabetes and the metabolic syndrome. **Current Diabetes Reports**, v. 6, n. 1, p. 29–35, jan. 2006.

FLECK, S. KRAEMER, W. Disponível em: <<https://wwwfea.br/wp-content/uploads/2021/06/Fundamentos-do-Treinamento-de-F-Steven-J.-Fleck.pdf.pdf>>.

FLECK, S. SIMÃO, R. Força: princípios metodológicos do treinamento. São Paulo: Phorte Editora, 2008.

GARBER, C. E. et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, jul. 2011.

GIBALA, M. J.; MCGEE, S. L. Metabolic Adaptations to Short-

term High-Intensity Interval Training. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 36, n. 2, p. 58–63, abr. 2008.

KHAN, S. S. et al. Association of Body Mass Index With Lifetime Risk of Cardiovascular Disease and Compression of Morbidity. **JAMA cardiology**, v. 3, n. 4, p. 280–287, 1 abr. 2018.

LAKKA, T. A.; LAAKSONEN, D. E. Physical activity in prevention and treatment of the metabolic syndrome. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 32, n. 1, p. 76–88, fev. 2007.

LAURSEN, P. B.; JENKINS, D. G. The Scientific Basis for High-Intensity Interval Training. **Sports Medicine**, v. 32, n. 1, p. 53–73, 2002.

LIM, C. et al. Resistance Exercise-induced Changes in Muscle Phenotype Are Load Dependent. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 12, p. 2578–2585, 15 jul. 2019.

MANN, S.; BEEDIE, C.; JIMENEZ, A. Differential Effects of Aerobic Exercise, Resistance Training and Combined Exercise Modalities on Cholesterol and the Lipid Profile: Review, Synthesis and Recommendations. **Sports Medicine**, v. 44, n. 2, p. 211–221, 31 out. 2013.

MATSUDO, S. M.; MATSUDO, V. K. R.; BARROS NETO, T. L. Atividade física e envelhecimento: aspectos epidemiológicos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 7, p. 2–13, 2001.

MCRAE, G. et al. Extremely low volume, whole-body aerobic-resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 6, p. 1124–1131, dez. 2012.

MILANOVIĆ, Z.; SPORIŠ, G.; WESTON, M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO_{2máx} Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. **Sports Medicine**, v. 45, n. 10, p. 1469–1481, 5 ago. 2015.

MUNDI, S. et al. Endothelial permeability, LDL deposition, and cardiovascular risk factors—a review. **Cardiovascular Research**, v. 114, n. 1, p. 35–52, 1 jan. 2018.

NYBO, L. et al. High-Intensity Training versus Traditional Exercise Interventions for Promoting Health. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 10, p. 1951–1958, out. 2010.

OMS lança novas diretrizes sobre atividade física e comportamento sedentário - OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/26-11-2020-oms-lanca-novas-diretrizes-sobre-atividade-fisica-e-comportamento-sedentario>>.

RILEY, L. et al. The World Health Organization STEPwise Approach to Noncommunicable Disease Risk-Factor Surveillance: Methods, Challenges, and Opportunities. **American Journal of Public Health**, v. 106, n. 1, p. 74–78, jan. 2016.

SALLES, B. F.; SIMÃO, R. Bases Científicas dos Métodos e Sistemas de Treinamento de Força. **Revista UNIANDRADE**, v. 15, n. 2, p. 127–133, 31 ago. 2014.

SELIGMAN, B. G. S. et al. Intensive practical lifestyle intervention improves endothelial function in metabolic syndrome independent of weight loss: a randomized controlled trial. **Metabolism**, v. 60, n. 12, p. 1736–1740, dez. 2011.

SWARUP, S.; ZELTSER, R. **Metabolic Syndrome**. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459248/>>.

TALANIAN, J. L. et al. Exercise training increases sarcolemmal and mitochondrial fatty acid transport proteins in human skeletal muscle. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 299, n. 2, p. E180–E188, ago. 2010.

THE GBD 2015 OBESITY COLLABORATORS. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. **New England Journal of Medicine**, v. 377, n. 1, p. 13–27, 6 jul. 2017.

THOMPSON, W. R. WORLDWIDE SURVEY OF FITNESS TRENDS FOR 2019. **ACSM's Health & Fitness Journal**, v. 22, n. 6, p. 10–17, 2018.

TOMASZ CHOMIUK et al. Physical activity in metabolic syndrome. **Frontiers in physiology**, v. 15, 19 fev. 2024.

TORRES-LEAL, F. L.; CAPITANI, M. D. DE; TIRAPEGUI, J. The effect of physical exercise and caloric restriction on the components of metabolic syndrome. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, n. 3, p. 379–399, set. 2009.

WANG, H. et al. Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. **The Lancet**, v. 388, n. 10053, p. 1459–1544, out. 2016.

WHO. **Cardiovascular Diseases**. Disponível em: <<https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases>>.

ZHANG, D. et al. Leisure-time physical activity and incident metabolic syndrome: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. **Metabolism**, v. 75, p. 36–44, out. 2017.

Capítulo 9

EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBIO E RESISTIDO NA GLICEMIA DE QUEM TEM DIABETES

ANTONIO ROBERTO DORO
EDUARDO BARBOSA
VINICIUS MORALES
FRANK PEREIRA
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

O diabetes mellitus (DM) é considerado um importante problema de saúde pública que independe do grau de desenvolvimento do país e que a prevalência não para de aumentar mundialmente (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2020). O Brasil é o único país da américa latina que aparece na lista dos dez países, com maior número de população adulta acometida pelo diabetes (15,7 milhões), ocupando a sexta posição e com previsão de em 2045, se nada for feito, chegarmos ao número de 23,2 milhões de brasileiros com diabetes (Magliano, 2021).

O exercício físico é um dos principais pilares no tratamento do diabetes mellitus ao lado da alimentação saudável, tratamento medicamentoso e Educação em Diabetes.

Estes pilares em conjunto têm como objetivo evitar que o indivíduo que convive com diabetes mellitus evite a hiperglicemia crônica que se associa diretamente ao aparecimento de complicações crônicas do diabetes que trazem muitas vezes prejuízos irreversíveis para a saúde, principalmente no caso de amputações e cegueira (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2020). Mas, somente o exercício físico é capaz de através de uma via secundária captar a glicose

sanguínea independente da sinalização da insulina (Pauli *et al.*, 2009). Desta forma, o exercício físico passa a agir como remédio garantindo uma diminuição na concentração de glicose no sangue de quem convive com diabetes e tem a hiperglicemia como um desafio diário.

Mas a melhora no controle glicêmico é só o efeito agudo do exercício no tratamento do diabetes. Não podemos esquecer os efeitos secundários do exercício no tratamento do diabetes relacionados a melhora na qualidade de vida, contribuindo para melhorar a circulação em membros inferiores, diminuição do LDL-colesterol e aumento do HDL-colesterol, diminuição nas citocinas inflamatórias e aumento nas citocinas anti-inflamatórias, diminuindo assim a sensação de dor em diversas partes do corpo e permitindo melhores noites de sono (Costa e Almeida Neto, 2009).

Diferentes tipos de diabetes mellitus

Definido como um grupo de distúrbios metabólicos, o diabetes mellitus tem como denominador comum a hiperglicemia, decorrente da diminuição na produção de insulina pelo pâncreas endócrino ou ineficácia da ação da insulina nos tecidos alvo, ocasionando modificações no metabolismo de macro e micronutrientes. A hiperglicemia não tratada, a longo prazo, está associada a danos e falência de vários órgãos, especialmente olhos, rins, nervos, coração e vasos sanguíneos (Petersmann, 2019; Costa e Almeida Neto, 2009).

O diagnóstico do diabetes mellitus (DM) é feito pela presença de hiperglicemia. Para a identificação de alterações na concentração de glicose plasmática podem ser usados a glicemias plasmáticas de jejum, o teste de tolerância a glicose por via oral (TTGO) que pode ter uma glicemia realizada após uma hora (TTGO-1h) ou duas horas (TTGO-2h) após o consumo de uma solução com 75g de glicose por via oral e a hemoglobina glicada (HbA1c) (Rodacki *et al.*, 2024).

A Tabela 1 descreve as referências das medidas laboratoriais para o diagnóstico de alterações no metabolismo da glicose e a

classificação de diabetes ou pré-diabetes de acordo com os níveis de glicemia.

Tabela 1: Critérios para diagnóstico do diabetes através da glicemia plasmática de jejum, teste oral de tolerância a glicose e hemoglobina glicada. (Adaptado de: Rodacki et al., 2024)

CRITÉRIOS	NORMAL	PRÉ-DIABETES	DIABETES MELLITUS
Glicemia de jejum (mg/dL)	< 100	100 - 125	≥ 126
Glicemia ao acaso (mg/dL) + sintomas	-	-	≥ 200
Glicemia de 1 h. no TTGO (mg/dL)	≤ 155	155 - 208	≥ 200
Glicemia de 2 h no TTGO (mg/dL)	< 140	140 - 199	≥ 200
Hemoglobina glicada (HbA1c) (%)	< 5,7	5,7 – 6,4	≥ 6,5

TTGO: teste de tolerância à glicose por via oral.

Após identificado que o indivíduo avaliado preenche os critérios para o diagnóstico do diabetes, é o momento de identificar o tipo de diabetes que o está levando a hiperglicemia crônica.

A classificação dos diferentes tipos de diabetes é feita de acordo com a fisiopatologia (Petersmann, 2019; Rodacki, 2024).

Diabetes tipo 1 (DM1):

- Fatores imunológicos (anticorpos IA2 e/ou anti-GAD) que levam a destruição das células beta pancreáticas;

Diabetes tipo LADA:

- Diabetes autoimune latente em adultos, presença de anticorpos anti-GAD.

Diabetes tipo 2 (DM2):

- Caracterizado pela resistência à insulina e deficiência parcial

de insulina pelas células beta pancreáticas, além de alterações na secreção de incretinas. Está frequentemente associado a obesidade, envelhecimento e distúrbios metabólicos (Síndrome Metabólica).

Diabetes gestacional (DMG):

- Distúrbios de utilização da glicose que ocorre e é diagnosticado durante a gravidez. Como no DM2, está relacionado a resistência à insulina e deficiência parcial em sua produção.

O DM2 e o DM1 são os tipos de diabetes mais prevalentes nas populações, variando entre 90 e 95% e 5 a 10% respectivamente (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2020).

Tratamento do diabetes

O tratamento do diabetes associa a intervenção medicamentosa (antidiabéticos orais, insulinas e análogos de GLP-1), mudança no estilo de vida (alimentação saudável e atividade física) e educação em diabetes. Estes pilares no tratamento do diabetes têm como objetivo garantir que as pessoas que convivem com os diferentes tipos de diabetes mantenham a maior parte do tempo o intervalo alvo da glicemia (> 70 e < 180 mg/dL) e HbA1c $< 7\%$ para evitar as complicações crônicas do diabetes (retinopatia diabética, nefropatia diabética, neuropatia periférica e autonômica) frequentemente observadas naqueles que ao longo dos anos convivendo com diabetes apresentam um baixo controle metabólico e hiperglicemia crônica (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2020).

O tipo de tratamento medicamentoso do diabetes pode impactar mais ou menos a resposta glicêmica promovida pelos diferentes tipos de exercícios físicos, portanto o profissional de Educação Física que irá prescrever o exercício para quem teve o diagnóstico de diabetes, deve estar atendo ao tipo de medicamento ou a combinação entre eles que está sendo usada no tratamento do aluno com diabetes.

A tabela 2 traz informações dos medicamentos utilizados no tratamento dos diferentes tipos de diabetes.

Tabela 2 – Classe, princípio ativo e onde agem os medicamentos para o tratamento do diabetes (adaptado de Lyra, et al., 2024)

CLASSE	PRINCÍPIO ATIVO	AÇÕES
Biguanida	Metformina Metformina XR	- Aumenta a sensibilidade a insulina no fígado reduzindo a produção hepática de glicose - Aumenta a captação muscular de glicose
Inibidores do SGLT2	Dapagliflosina Empagliflosina Canagliflosina	- Inibe a absorção de glicose e sódio no túbulo proximal por meio da inibição do SGLT2, levando à liberação de glicose e sódio pela urina
Agonistas do Receptor do GLP-1	Liraglutida Dulaglutida Semaglutida injetável Semaglutida oral	- Aumenta a secreção de insulina dependente de glicose - Reduz a secreção de glucagon - Retarda o esvaziamento gástrico - Aumenta a saciedade
Coagonistas do Receptor do GIP/ GLP-1	Tizerpatida	- Aumenta a secreção de insulina dependente de glicose - Reduz a secreção de glucagon - Retarda o esvaziamento gástrico - Aumenta a saciedade
Glitazonas (Tiazolidinedionas)	Pioglitazona	- Aumento da sensibilidade à insulina em músculo, adipócito e hepatócito
Sulfonilureias	Glicazida MR Glimepirida Glibenclamida	- Estimula a secreção de insulina pelas células beta pancreáticas, por meio da ligação no receptor SUR-1 (aumenta influxo de cálcio iônico → aumenta liberação de insulina)
Inibidores da DPP-4	Sitagliptina Vildagliptina Linagliptina Alogliptina Saxagliptina Evogliptina	- Aumento do nível do GLP-1, com aumento de síntese e secreção de insulina, além de redução do glucagon

Inibidores da alfa-glicosidase	Acarbose	- Inibidor da alfa glicosidase (enzima presente na borda em escova do TGI), levando ao retardado da absorção de carboidratos
--------------------------------	----------	--

Dos antidiabéticos orais atualmente prescritos para o controle do diabetes sempre associados a dieta saudável e ao exercício físico, os medicamentos que podem apresentar maior risco de hipoglicemia durante ou após o exercício físico são os medicamentos das classes das sulfonilureias (Lyra, *et al.*, 2024).

Já está bem estabelecido o risco de episódios de hipoglicemia que o tratamento com a aplicação de insulina exógena com diferentes tempos de ação pode provocar durante ou após as sessões de exercício físico em pessoas com diabetes (Jung *et al.*, 2021). Portanto é extremamente recomendável que o profissional de Educação física que irá prescrever e acompanhar o exercício em alunos com diabetes tenha conhecimento do tempo de ação dos diferentes tipos de insulina e suas combinações no tratamento do diabetes.

A tabela 3 apresenta as insulinas disponíveis no mercado brasileiro com seu início de ação, pico de ação e efeito clínico.

Tabela 3: Tipos de preparações de insulina e perfis de ação sugeridos para administração subcutânea (Adaptado de Danne *et al.*, 2018).

Insulina	Início da ação (minutos)	Pico de ação (horas)	Efeito clínico (horas)
Ação ultrarrápida Aspart (Fiasp)	10 a 20	1 a 3	3 a 5
Ação rápida Aspart (Novorapid), Glulisina (Apidra) e Lispro (Humalog)	15 a 35	1 a 3	3 a 5
Ação regular (Novolin-R, Humolin-R, Insunorm-R)	30 a 60	2 a 4	5 a 8
Ação intermediária NPH (Neutral Protamine Hagedorn) (Novolin-N, Humolin-N, Insunorm-N)	2 a 4	4 a 12	12 a 24

Longa duração Glargina (Lantus, Basaglar, Glargin, Toujeo, Veluxus)	2 a 4	8 a 12	22 a 24
Longa duração Detemir (Levemir)	1 a 2	4 a 7	20 a 24
Muito longa duração Glargina U300 (Toujeo, Lantus SolarStar)	2 a 6	mínimo	30 a 36
Muito longa duração Degludeca (Tresiba)	30 a 90	mínimo	> 42

Alimentação saudável no tratamento do diabetes

A orientação nutricional nos diferentes tipos de diabetes mellitus, associada ao tratamento medicamentoso e ao exercício físico, deve ser individualizada, variada e equilibrada para atender as necessidades nutricionais em todas as fases da vida. Tem como principais objetivos a manutenção/obtenção de peso saudável e alcance das metas glicêmicas (jejum, pré e pós-prandial) para prevenir complicações do diabetes de curto e longo prazo (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2020).

Para os indivíduos que convivem com DM1, e não diferente aos indivíduos que convivem com os outros tipos de diabetes, é necessário entender quais macronutrientes contidos nos alimentos terão maior impacto nos valores de glicemia pós-prandial, maior responsável por períodos de hiperglicemia.

A contagem de carboidratos é uma estratégia nutricional que oferece a pessoa que convive com diabetes maior flexibilidade na alimentação de acordo com o estilo de vida. Tem como principal objetivo encontrar o equilíbrio entre a glicemia, quantidade de alimentos com carboidratos ingerida e quantidade de insulina e/ou antidiabético oral necessária (Departamento de Nutrição da SBD, 2023).

Outras estratégias nutricionais podem ser adotadas para o tratamento dos diferentes tipos de diabetes. A TABELA 4 apresenta diferentes tipos de dietas de acordo com suas quantidades de carboidratos.

Tabela 4 - Tipos de dietas de acordo com os percentuais de carboidratos
 (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2020)

	CABOIDRATOS (%)	CABOIDRATOS (g/dia))
Habitual - DRI	45 a 65	< 130
Low Carb Diet (LCD)	26 a 45	< 130
Very Low Carb (VLC)	< 26	Individualizado
Dieta cetogênica com muito baixo carboidrato (VLCKD)	< 10	20 a 50

Outras estratégias nutricionais também podem ser usadas no tratamento dos diferentes tipos de diabetes. Dietas como a do mediterrâneo, vegetariana, vegana, com baixo e muito baixo teor de gordura, paleo e abordagens dietéticas para parar a hipertensão também podem ser utilizadas.

O profissional de Educação Física precisa estar atento ao tipo de estratégia alimentar que seu aluno ou aluna com diabetes vem fazendo, pois, dietas muito restritivas muitas vezes precisam ser ajustadas para a prática de exercícios.

O exercício físico no tratamento do diabetes

A atividade física e o exercício físico são eficientes para remover glicose do sangue independente da ação da insulina agudamente durante o movimento muscular e ajudam a manter a glicemia mais tempo no alvo e diminui a amplitude média da excursão glicêmica (Zhu *et al.*, 2021), além de promover aumento na sensibilidade dos receptores de insulina no período pós-atividade naqueles grupos musculares que mais foram solicitados durante o movimento (Pauli, 2009).

Tanto a atividade física como o exercício físico são recomendados como parte do tratamento não medicamentoso do diabetes e seguem as mesmas orientações para a população em geral de atingir no mínimo 150 minutos com intensidade de

moderada a vigorosa por semana combinando exercícios aeróbios e de força. A única diferença é a recomendação de não ficar mais do que dois dias consecutivos sem exercício físico (Colberg *et al.*, 2016). Se isto acontecer, o efeito que o exercício físico tem em sensibilizar os receptores de insulina fica perdido e o benefício em diminuir a resistência a ação da insulina principalmente naqueles que convivem com diabetes mellitus tipo 2 fica comprometido.

Agora, você pode estar se perguntando: A atividade física e o exercício físico têm o mesmo efeito no tratamento do diabetes?

A resposta é não. O exercício físico estruturado se mostra mais efetivo na diminuição da hemoglobina glicada (HbA1c) em comparação com a atividade física (Umpierre, 2011), e as respostas glicêmicas do exercício físico no diabetes, além das variáveis relacionadas ao exercício, como tipo/modo, intensidade, duração e grau de condicionamento físico, também estão diretamente relacionadas ao tipo de alimento consumido até o momento do exercício, local de aplicação da insulina, quantidade de insulina ou antidiabético oral ativo durante o exercício e o valor da glicemia no início do exercício (Colberg, 2015; Riddell, 2017).

Deste modo, diferentes tipos de exercícios apresentam diferentes respostas na glicemia de quem tem diabetes. Fisiologicamente, de acordo com a característica do sistema energético predominante do tipo de exercício, é esperado que em exercícios aeróbios a glicemia diminua, exercícios anaeróbios aumentam a glicemia e exercícios mistos estão relacionados a maior estabilidade na glicemia (Riddell, 2017).

Dos pilares no tratamento do diabetes, a atividade física/exercício físico é o único pilar fisiologicamente hipoglicemiante, já que é possível por vias paralelas a sinalização da insulina, captar a glicose circulante no sangue para fornecer energia durante o movimento muscular aos músculos que estão ativos (Lascar, 2014).

É fundamental que o profissional de Educação Física que prescreve e acompanha o exercício em pessoas com diabetes oriente seu aluno ou aluna com diabetes a trazer para a aula com exercício

aeróbio, musculação ou ambos, o glicosímetro (aparelho para medir a glicemia), lanceta e tiras para medir a glicemia no início, se necessário durante o exercício e no final de sessão de exercícios. Trazer também algum alimento líquido com carboidrato, alimento sólido com carboidrato e se usar insulina de curta duração trazer também. Assim, no caso de risco de hipoglicemia (concentração de glicose menor do que 70 mg/dL) haverá alimentos com carboidratos para serem consumidos e no caso de hiperglicemias com valores maiores ou iguais a 250 mg/dL é possível fazer pequenas correções com insulina.

Exercício aeróbio e diabetes

O exercício aeróbio apresenta um maior gasto energético comparado ao exercício resistido e tem um efeito mais impactante a curto prazo, mas menos duradouro na glicemia de quem convive com diabetes mellitus tipo 1 (DM1) do que o exercício resistido (Reddy *et al.*, 2019) e com menor influência com relação a diminuição da HbA1c.

O exercício aeróbio é tão eficiente para baixar a glicemia de quem convive com diabetes que uma única sessão de exercícios aeróbios com duração de trinta minutos ou mais com intensidade moderada, aumenta a sensibilidade à insulina e o risco de hipoglicemia no diabetes mellitus tipo 1, principalmente nas 12 a 24 horas seguintes a sessão de exercício (Danvey *et al.*, 2013).

Apesar do exercício aeróbio praticado com intensidade moderada a vigorosa por um período de ao menos 30 minutos ser efetivamente hipoglicemiante e ajudar no controle da glicemia de quem convive com diabetes, de acordo com Colberg *et al.* (2016), o exercício aeróbio também apresenta outros benefícios:

- Aumento na densidade mitocondrial;
- Melhora na sensibilidade a insulina;
- Aumento das enzimas oxidativas;
- Melhora na complacência e reatividade vascular;

- Melhora na função pulmonar;
- Um sistema imune mais eficiente;
- Aumento do débito cardíaco.

O exercício aeróbico pode ser prescrito para quem tem diabetes utilizando o método contínuo, continuo variativo, intervalado e até mesmo o HIIT (High Intensity interval Training), com intensidade moderada a vigorosa, duração de ao menos 30 minutos por sessão, com o objetivo de somar a recomendação de 150 minutos por semana, portanto, frequência semanal de cindo cinco dias (Colberg, 2016)

Exercício resistido e diabetes

O exercício resistido é menos eficiente para diminuir a glicemia quando comparado ao exercício aeróbico, mas, após o exercício apresenta menor variabilidade nos valores de glicemia (Yardley *et al.*, 2013).

Yardley *et al.* (2012), mostraram que a realização de exercícios resistidos antes de exercícios aeróbicos na mesma sessão de treinamento, melhora a estabilidade glicêmica durante o exercício e reduz a duração e a gravidade da hipoglicemia pós-exercício no DM1.

Como no exercício aeróbico, Colberg *et al.* (2016), mostram que o exercício resistido também tem outros benefícios para pessoas com diabetes, como:

- Manutenção ou aumento da massa magra;
- Mudança na composição corporal;
- Melhora na saúde mental;
- Melhora na densidade mineral óssea;
- Aumento na sensibilidade à insulina;
- Diminuição da pressão arterial
- Melhora no perfil lipídico;

- Melhora na saúde vascular.

Para a prescrição do treino resistido, podemos utilizar de várias formas: com peso do próprio corpo, equipamentos, elásticos, pesos livres, cordas elásticas, etc. A intensidade pode variar de moderada com a carga ajustada para a realização de séries com quinze repetições ou vigorosa, com cargas ajustadas para a realização de séries entre seis e oito repetições. A série de treino deve conter entre oito e dez exercícios contendo de uma a três séries. O treinamento de força deve ser realizado no mínimo entre duas a três vezes por semana. Para a progressão da carga inicie com carga moderada realizando séries entre dez a 15 repetições e progrida para séries entre oito e dez repetições, aumentando primeiro o volume para depois aumentar a carga (Colberg *et al.*, 2016).

Recursos para evitar hipoglicemia provocada pelo exercício no diabetes

Apesar do exercício ser indicado como parte do tratamento do DM1 (Colberg *et al.*, 2016), baixos níveis de conhecimento sobre o controle do diabetes em relação ao exercício e o medo de episódios de hipoglicemia durante ou após o exercício físico, são os principais motivos que impedem o início ou a aderência a programas de exercício em portadores de DM1 (Lascar *et al.*, 2014).

Khalifah *et al.* (2016), mostraram que pessoas com DM1 melhores condicionadas fisicamente apresentam maior risco de hipoglicemia durante exercício aeróbio com intensidade moderada e atribuem esse resultado a uma melhor sensibilidade a ação da insulina associado a tendência de se exercitar em limiares de trabalho maiores.

Os principais motivos que aumentam o risco de hipoglicemia durante ou após o exercício no DM1 são (Jung *et al.*, 2021):

- Níveis de insulina circulante que não diminuem;

- A circulação sanguínea no subcutâneo aumenta, elevando os níveis de insulina no sangue;
- Diminuição da gliconeogênese pela hiperinsulinemia;
- Aumento na captação de glicose pelos músculos ativos.
- Por outro lado, também são conhecidas várias estratégias para evitar hipoglicemias durante ou após o exercício no DM1:
 - Monitoramento da glicemia, antes, durante e após o exercício (Colberg *et al.*, 2016);
 - Evitar aplicar insulina nos braços e pernas e dar preferência a aplicação na região abdominal (Jung *et al.*, 2021);
 - Ingerir de 15 a 30g de carboidratos no início do exercício para glicemia capilar < 90 mg/dL e para glicemia capilar < 150 mg/dL consumir de 0,5 a 1,0 g de carboidrato para cada quilo de peso corporal por hora de exercício (Colberg *et al.*, 2016);
 - Redução da dose de insulina rápida da última refeição antes do exercício aeróbio de acordo com o volume e a intensidade (Colberg *et al.*, 2016);
 - Para os usuários de sistema de infusão contínua de insulina (SICI), diminuição da dose basal (Zaharieva *et al.*, 2019);
 - Estímulos anaeróbios durante treino aeróbio (Dubé, 2013).

O uso da insulina como parte do tratamento medicamentoso no diabetes, apesar de aumentar o risco de hipoglicemias durante ou após o exercício em pessoas com diabetes, principalmente os que convivem com diabetes tipo 1, passa a ser totalmente seguro quando são controladas as variáveis que influenciam a resposta glicêmica.

A combinação do exercício aeróbico com o resistido além de ser uma ótima estratégia como recurso para evitar hipoglicemias

nas pessoas com diabetes alternando exercício aeróbio seguido do resistido quando a glicemia no início está muito elevada e o inverso quando a glicemia está mais baixa no início do exercício, é uma ótima estratégia para evitar episódios de hipoglicemias durante e após a sessão de treinamento, e ainda a combinação do treinamento aeróbio e resistido na mesma sessão de exercícios se mostra mais eficiente para baixar os níveis de hemoglobina glicada (HbA1c) e mantê-los em níveis mais baixos quando comparados a prática de exercício aeróbio ou resistido separadamente (Church *et al.*, 2010)

Outra possibilidade, é durante uma sessão de exercício aeróbio com intensidade moderada, a cada dois minutos realizar estímulos anaeróbios com alta intensidade (*all out*) por dez segundos (Dubé, 2013). Esta estratégia mostrou um aumento na glicemia maior do que quando suplementado com trinta gramas de glicose no final da sessão de exercício, mas nas horas seguintes manteve a glicemia com pouca variabilidade e dentro do alvo.

A combinação do exercício aeróbio e resistido na mesma sessão de treinamento é um recurso que pode ser usado com segurança pelo profissional de Educação Física que prescreve e acompanha exercícios para pessoas com diabetes, e pode ser aplicado com segurança não só para evitar episódios de hipoglicemias, mas também para melhorar a qualidade de vida das pessoas que convivem com diabetes.

Referências

- CHURCH, T. S., *et al.* Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. **JAMA**, v. 304, n. 20, p. 2253-62, Nov. 2010.
- COLBERG, S. R. *et al.* Physical activity and type 1 diabetes: time for a rewire? **J. Diabetes Sci. Technol.**, v. 9, n. 3, p. 609 - 18, May 2015.
- COLBERG, S. R. *et al.* Physical Activity/Exercise and Diabetes:

A Position Statement of the American Diabetes Association.
Diabetes Care, v. 39, n. 11, p. 2065-2079, Nov. 2016.

COSTA, Arual Augusto; ALMEIDA NETO, João Sérgio.
Manual de diabetes: educação, alimentação, medicamentos, atividade física. 5 ed. São Paulo: Sáver, 2009.

DANNE, T. et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Insulin treatment in children and adolescents with diabetes. **Pediatr. Diabetes**, v. 19, Suppl. 27, p. 115-135, Oct. 2018.

DAVEY, R. J. et al. The effect of midday moderate-intensity exercise on postexercise hypoglycemia risk in individuals with type 1 diabetes. **J. Clin. Endocrinol. Metab.**, v. 98, n. 7, p. 2908 - 14, Jul. 2013.

DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO DA SBD 2022-2023.
Manual de contagem de carboidratos para pessoas com diabetes, 2023. Disponível em: <https://diabetes.org.br/wp-content/uploads/2021/05/manual-de-contagem-de-carbo.pdf>. Acesso em 21/10/2024.

DUBÉ, M. C.; LAVOIE, C.; WEISNAGEL, S. J. Glucose or intermittent high-intensity exercise in glargin/glulisine users with T1DM. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 45, n. 1, p. 3-7, Jan. 2013.

JUNG, A.R. et al. Exercise Strategies to Prevent Hypoglycemia in Patients with Diabetes. **Korean J. Fam. Med.**, v. 42, n. 2, p. 91-95, Mar, 2021.

LASCAR, N. et al. Attitudes and barriers to exercise in adults with type 1 diabetes (T1DM) and how best to address them: a qualitative study. **PLoS One**, v. 9, n. 9, e108019, Sep. 2014.

LYRA, R. et al. **Manejo da terapia antidiabética no DM2.** Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes, 2024. Disponível em: <https://diretriz.diabetes.org.br/manejo-da-terapia-antidiabetica-no-dm2/#ftoc-introducao>. Acesso em 21/10/2024.

MAGLIANO, Dayana J.; BOYKO, Edward J. **IDF diabetes atlas.** 10 ed. Brussels: International Diabetes Federation, 2021.

PAULI, J. R. *et al.* Novos mecanismos pelos quais o exercício físico melhora a resistência à insulina no músculo esquelético. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, v. 53, n. 4, p. 399 - 408, jun. 2009.

PETERSMANN, A. *et al.* Definition, classification and diagnosis of diabetes mellitus. **Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.**, v. 126, n. 7, p. 406-410, Dec. 2019.

REDDY, R. *et al.* Effect of aerobic and resistance exercise on glycemic control in adults with type 1 diabetes. **Can. J. Diabetes**, v. 43, n. 6, p. 406 - 414, Aug. 2019.

RIDDELL, M. C. *et al.* Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. **Lancet Diabetes Endocrinol**, v. 5, n. 5, p. 377-390, May 2017.

RODACKI, M. *et al.* **Diagnóstico de diabetes mellitus.** Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes, 2024. Disponível em: <https://diretriz.diabetes.org.br/diagnostico-de-diabetes-mellitus/>. Acesso em: 22/10/2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019-2020.** São Paulo: Clannad, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **Princípios gerais da orientação nutricional no diabetes mellitus.** In: Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019-2020. São Paulo: Clannad, 2020.

UMPIERRE, D. *et al.* Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **JAMA**, v. 305, n. 17, p. 1790 – 9, May 2011.

YARDLEY, J. E. *et al.* Effects of performing resistance exercise before versus after aerobic exercise on glycemia in type 1 diabetes. **Diabetes Care**, v. 35, n. 4, p. 669- 75, Apr. 2012.

YARDLEY, J.E. *et al.* Resistance versus aerobic exercise: acute

effects on glycemia in type 1 diabetes. **Diabetes Care**, v. 36, n. 3, p. 537-42, Mar. 2013.

ZAHARIEVA, D. P. *et al.* Improved Open-Loop Glucose Control with Basal Insulin Reduction 90 Minutes Before Aerobic Exercise in Patients with Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. **Diabetes Care**, v. 42, n. 5, p. 824-831, May 2019.

ZHU, X. *et al.* The Effect of Physical Activity on Glycemic Variability in Patients with Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Front. Endocrinol. (Lausanne)**, v. 17, n.12, Nov. 2021. Article 767152

Capítulo 10

EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBIO: RELAÇÃO COM O CONTROLE GLICEMICO PÓS PRADIAL

FRANK J. PEREIRA
ANTONIO ROBERTO DORO
GUSTAVO ALLEGRETTI
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde, a diabetes mellitus atinge 347 milhões de pessoas no mundo e 12 milhões no Brasil, onde aproximadamente metade ainda permanecem não diagnosticadas. . A previsão é de que haverá cerca de 600 milhões de pessoas com esta condição até 2035 (WILD, ROGLIC et al., 2004; DANAEI, FINUCANE et al., 2011), caracterizando um problema de saúde pública.

A Diabetes Mellitus é uma doença crônica que se caracteriza, por uma deficiência na secreção de insulina ou redução da sensibilidade, resultando o aumento da concentração de glicose no sangue. O diabetes mellitus lesa e mata indiretamente, causando cegueira, nefropatia, cardiopatia, acidente vascular cerebral e doença vascular periférica. Os diabéticos são divididos em dois grupos, distintos, o diabetes causado por falta de insulina do (tipo1) ou pela resistência à insulina do (tipo2), Como o diabético do (tipo1) não produzem insulina, eles dependem da insulina exógena (injetada), para manter a glicemia dentro dos níveis normais. Já o diabético do (tipo 2), o não insulinodependente, desenvolve lentamente e mais tarde na vida e está associado a obesidade androide, o excesso

de peso corporal serve como um fator de risco principal para o desenvolvimento da doença. De fato, acredita-se que o acúmulo excessivo de lipídios ao redor de órgãos vitais no abdômen (ou seja, gordura visceral), bem como dentro das células do fígado e dos músculos, prejudica a sinalização da insulina e induz resistência à insulina. O tratamento envolve uma abordagem multifacetada, incluindo modificações no estilo de vida, medicamentos orais, em alguns casos, terapia com insulina. O diagnóstico precoce é essencial para iniciar o tratamento e reduzir o risco de complicações. De acordo com o American College of Sports Medicine (ACSM) (COLBERG, ALBRIGHT et al., 2010), a atividade física, aliada à dieta balanceada e medicamentos são capazes de cumprir a tríade para diabéticos, sendo que a atividade física é altamente recomendada para esta população.

São várias as evidências de que uma única sessão de exercício aeróbico é suficiente para promover o aumento na sensibilidade à insulina e consequentemente a diminuição na concentração de glicose sanguínea, reduzindo a prevalência de episódios de hiperglicemia em até 48 horas subsequentes (DELA, LARSEN et al., 1995; HENRIKSEN, 2002; MANDERS, VAN DIJK et al., 2010). Além disso, as contrações musculares mediadas pelo exercício aumentam a translocação dos GLUT-4 para a membrana celular e a captação de glicose nos músculos ativos por um mecanismo que independe da insulina (COLBERG, ALBRIGHT et al., 2010). Apesar de aumentar a produção hepática de glicose por meio de mecanismos compensatórios, a utilização de glicose sanguínea durante exercício pelos músculos em diabéticos do tipo 2 (DM2) é normalmente maior, diminuindo os estados de hiperglicemia (PRAET, MANDERS et al., 2006; MANDERS, VAN DIJK et al., 2010).

Outro aspecto muito particular em Diabetes mellitus 2 (DM2) é o controle da hiperglicemia pós-prandial por meio da atividade física, uma vez que o pico hiperglicêmico pós-prandial é um fator de risco independente para doenças cardiovasculares em pacientes com (DM2). Dessa forma, controlar a hiperglicemia

após refeição é essencial para que o indivíduo portador de (DM2), mantenha níveis desejáveis de glicemia (CAVALOT, PETRELLI et al., 2006; CAVALOT, PAGLIARINO et al., 2011). Mais uma vez, o exercício físico é capaz de reduzir o aparecimento de picos hiperglicêmicos pós-prandiais por meio do aumento da sensibilidade à insulina (COLBERG, ALBRIGHT et al., 2010). Apesar do aumento da sensibilidade à insulina após atividade física ser uma evidência forte na literatura, existem vários mecanismos possíveis para essa melhoria, como mecanismos enzimáticos.

Estudos recentes demonstram que um regime de treinamento intervalado é mais eficaz na melhoria da capacidade oxidativa do músculo, tolerância à glicose, sensibilidade à insulina e diminuição da síndrome metabólica (RICHARDS, JOHNSON et al., 2010; WHYTE, GILL et al., 2010; HOOD, LITTLE et al., 2011; KANG, MANGINE et al., 2014). A alta flutuação da intensidade pode alterar o metabolismo no exercício, independente da intensidade geral ou produção total de energia, e também pode alterar os padrões de utilização do substrato, apesar do fato da intensidade global do exercício permanecer a mesma (KANG, MANGINE et al., 2014). Apesar do exercício intervalado de alta intensidade se mostrar interessante para o controle glicêmico, a sua característica de alta intensidade pode não ser favorável para grupos de pessoas com maior dificuldade de aderência ao exercício, como pacientes diabéticos (DE FEO, 2013).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo do treinamento aeróbio em relação do controle glicêmico pós-prandial em indivíduos saudáveis.

Metodologia

Amostra

Os participantes do estudo responderão a uma anamnese, questionário Par-Q e explicações e dúvidas sobre a pesquisa, no

dia seguinte, realizamos uma avaliação antropométrica. Após a avaliação antropométrica, os voluntários foram submetidos a um teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$) e determinar os limiares de intensidade do protocolo d exercício. Depois de 48 horas, os participantes realizarão, as seguintes situações experimentais:

Foram selecionados 15 homens universitários, sedentários, indivíduos saudáveis, com idades $24,9 \pm 1,2$ anos. Foi analisado o índice de massa corporal (IMC $21,6 \pm 2,82$); a hemoglobina glicada (HbA1c $5,5 \pm 0,5\%$); e a glicose de jejum ($81,1 \pm 9,1$ mg/dL). Os voluntários não faziam uso de medicamentos para controle glicêmico ou hipertensão e não possuíam, problemas articulares que os impediam a realizar os protocolos de testes. Todos os participantes, assinou um termo de consentimento livre e esclarecido, previamente aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com humanos (CAAE: 51122215.7.0000.5284).

Os voluntários foram divididos em dois grupos, de forma randomizada, submetidos a duas intervenções: Grupo (I) exercício aeróbio intervalado em jejum (AEI); Grupo (II) controle em repouso absoluto pelo mesmo tempo de exercício (CON).

O grupo (AEI), realizou 10 minutos de aquecimento a 50% a 60% da frequência cardíaca máxima encontrada no teste incremental. Foi determinado 2 minutos a 85% a 95% da (FCmax) com flutuação de 3 minutos a 65% a 75% da frequência cardíaca máxima (FCmax) , no total 35 minutos em exercício, ao termino dos 7 blocos variando as intensidades, determinou-se, 5 minutos de volta à calma para reduzir a frequência cardíaca aos valores de repouso; O Grupo (ii) controle (CON); permaneceu em repouso absoluto pelo mesmo tempo do grupo (AEI). Todos os sujeitos compareceram ao laboratório em jejum de 10 horas. Foi realizado um teste de tolerância à refeição (TTR), logo a após o exercício, que consistia em uma refeição de 479 Kcal (55% CHO carboidrato, 30% LIP gordura e 15% PTN proteína). Sangue venoso foi coletado para analisar insulina, glicose e peptídeo-C tanto nas intervenções (AEI) e (CON), no qual eram coletados os

momentos pré-teste (TTR), 10, 20, 30, 60, 90 e 120 minutos a pós teste (TTR).

Análise Estatística

Os resultados serão apresentados em média \pm desvio padrão. Será utilizado teste ANOVA de medidas repetidas para determinar as diferenças na insulina, glicose e peptídeo-C e avaliar a interação entre intervenção e tempo, entre as sessões experimentais e sessão controle. O software estatístico utilizado será o SPSS v. 20 (Somers, NY, USA) com nível de significância adotado de $p<0,05$.

Resultados

Tabela 1

	Pré	10	20	30	60	90	120
Glicose							
mg/Dl							
CON	75,3 \pm 11,8	96,5 \pm 17,1 †	106,9 \pm 22,4†	100,3 \pm 24,2†	79,2 \pm 24,4	73,3 \pm 12,5	72,5 \pm 6,9
AEI	74,3 \pm 6,8	100,1 \pm 13,4†	103,7 \pm 14,5†	84,8 \pm 16,3*†	75,1 \pm 14,7	71,5 \pm 9,2	70,7 \pm 8,1
Insulina							
mcUI/mL							
CON	4,6 \pm 2,2	34,7 \pm 25,1†	39,8 \pm 18,6†	45,9 \pm 20,7†	43,1 \pm 24,1†	21,8 \pm 15,1†	13,3 \pm 8,2†
AEI	5,2 \pm 2,3	32,7 \pm 16,1†	42,3 \pm 17,2†	38,7 \pm 14,4†	29,3 \pm 21†	18,5 \pm 20,9 †	6,5 \pm 2,8 *
Peptídeo-C,							
ng/mL							
CON	1,32 \pm 1,49	2,85 \pm 1,64†	3,64 \pm 0,75†	5,07 \pm 1,75†	4,82 \pm 1,95†	3,47 \pm 1,91†	2,46 \pm 8,2†
AEI	1,13 \pm 0,63	2,48 \pm 0,97†	3,52 \pm 1,13†	4,13 \pm 1,28*†	3,61 \pm 1,48*†	3,71 \pm 1,71†	1,61 \pm 0,64*

Média \pm DP da concentração de glicose, insulina e peptídeo-C, pré-teste (TTR) e pós teste de tolerância à refeição (TTR) para o grupo de intervenções controle (CON) e grupo de intervenção ao exercício físico (AEI). * $p\leq 0,05$ para grupo controle (CON);

† $p\leq 0,05$ para momento Pré-teste (TTR).

A glicose sanguínea, manteve estatisticamente superior em relação ao pré-teste (TTR) até ao momento de 30 minutos. Tanto para a intervenção do grupo (CON) como para o grupo (AEI), na

(tabela 1). Entretanto, no momento de 30 minutos a glicose estava estatisticamente superior para o grupo (CON). A insulina também apresentou concentrações sanguíneas estatisticamente superiores para o grupo (CON) nos momentos 60 e 120 minutos, após o teste (TTR). Além disso, após 120 minutos após o teste de (TTR), a insulina ainda se apresenta superior em relação ao pré-teste (TTR) para o grupo (CON). Ao contrário do grupo (AEI), que voltou aos valores basais 120 minutos, após o teste (TTR). Por último, o peptídeo-C também apresenta concentrações superiores para o grupo (CON), nos momentos 30, 60, 90 e 120 minutos após o teste (TTR), sendo que 120 minutos após ao teste (TTR), ainda se encontraram superiores em relação ao repouso.

Conclusão

Apesar da glicose sanguínea apresentar uma resposta semelhante após ao teste de tolerância a refeição (TTR), o retorno da glicemia aos valores basais para quem realizou exercício físico é realizado com menor liberação de insulina e peptídeo-C.

Referências

- AHREN, B. et al. Inhibition of dipeptidyl peptidase-4 reduces glycemia, sustains insulin levels, and reduces glucagon levels in type 2 diabetes. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 89, n. 5, p. 2078-84, May 2004.
- BOUASSIDA, A. et al. Review on leptin and adiponectin responses and adaptations to acute and chronic exercise. **Br J Sports Med**, v. 44, n. 9, p. 620-30, Jul 2010.
- BOUCHARD, L. et al. Comprehensive genetic analysis of the dipeptidyl peptidase-4 gene and cardiovascular disease risk factors in obese individuals. **Acta Diabetol**, v. 46, n. 1, p. 13-21, Mar 2009.
- BRANDAUER, J. et al. Effects of prior acute exercise on

circulating cytokine concentration responses to a high-fat meal. **Physiol Rep**, v. 1, n. 3, p. e00040, Aug 2013.

CAVALOT, F. et al. Postprandial blood glucose is a stronger predictor of cardiovascular events than fasting blood glucose in type 2 diabetes mellitus, particularly in women: lessons from the San Luigi Gonzaga Diabetes Study. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 91, n. 3, p. 813-9, Mar 2006.

CAVALOT, F. et al. Postprandial blood glucose predicts cardiovascular events and all-cause mortality in type 2 diabetes in a 14-year follow-up: lessons from the San Luigi Gonzaga Diabetes Study. **Diabetes Care**, v. 34, n. 10, p. 2237-43, Oct 2011.

COLBERG, S. R. et al. Exercise and type 2 diabetes: American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. Exercise and type 2 diabetes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 12, p. 2282-303, Dec 2010.

DANAEI, G. et al. National, regional, and global trends in fasting plasma glucose and diabetes prevalence since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 370 country-years and 2.7 million participants. **Lancet**, v. 378, n. 9785, p. 31-40, Jul 2 2011.

DE FEO, P. Is high-intensity exercise better than moderate-intensity exercise for weight loss? **Nutr Metab Cardiovasc Dis**, v. 23, n. 11, p. 1037-42, Nov 2013.

DEACON, C. F. et al. Both subcutaneously and intravenously administered glucagon-like peptide I are rapidly degraded from the NH₂-terminus in type II diabetic patients and in healthy subjects. **Diabetes**, v. 44, n. 9, p. 1126-31, Sep 1995.

DELA, F. et al. Insulin-stimulated muscle glucose clearance in patients with NIDDM. Effects of one-legged physical training. **Diabetes**, v. 44, n. 9, p. 1010-20, Sep 1995.

DOS SANTOS, L. et al. Circulating dipeptidyl peptidase IV activity correlates with cardiac dysfunction in human and

experimental heart failure. **Circ Heart Fail**, v. 6, n. 5, p. 1029-38, Sep 1 2013.

DRUCKER, D. J. Dipeptidyl peptidase-4 inhibition and the treatment of type 2 diabetes: preclinical biology and mechanisms of action. **Diabetes Care**, v. 30, n. 6, p. 1335-43, Jun 2007.

DRUCKER, D. J.; NAUCK, M. A. The incretin system: glucagon-like peptide-1 receptor agonists and dipeptidyl peptidase-4 inhibitors in type 2 diabetes. **Lancet**, v. 368, n. 9548, p. 1696-705, Nov 11 2006.

GIANNOCCO, G. et al. Dipeptidyl peptidase IV inhibition upregulates GLUT4 translocation and expression in heart and skeletal muscle of spontaneously hypertensive rats. **Eur J Pharmacol**, v. 698, n. 1-3, p. 74-86, Jan 5 2013.

GREEN, B. D.; FLATT, P. R.; BAILEY, C. J. Dipeptidyl peptidase IV (DPP IV) inhibitors: A newly emerging drug class for the treatment of type 2 diabetes. **Diab Vasc Dis Res**, v. 3, n. 3, p. 159-65, Dec 2006.

HENRIKSEN, E. J. Invited review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. **J Appl Physiol (1985)**, v. 93, n. 2, p. 788-96, Aug 2002.

HERMAN, G. A. et al. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of sitagliptin, an inhibitor of dipeptidyl peptidase IV, in healthy subjects: results from two randomized, double-blind, placebo-controlled studies with single oral doses. **Clin Pharmacol Ther**, v. 78, n. 6, p. 675-88, Dec 2005.

HOOD, M. S. et al. Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 10, p. 1849-56, Oct 2011.

KANG, J. et al. Acute effect of intensity fluctuation on energy output and substrate utilization. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 8, p. 2136-44, Aug 2014.

KIEFFER, T. J.; MCINTOSH, C. H.; PEDERSON, R. A.

Degradation of glucose-dependent insulinotropic polypeptide and truncated glucagon-like peptide 1 in vitro and in vivo by dipeptidyl peptidase IV. **Endocrinology**, v. 136, n. 8, p. 3585-96, Aug 1995.

LAMERS, D. et al. Dipeptidyl peptidase 4 is a novel adipokine potentially linking obesity to the metabolic syndrome. **Diabetes**, v. 60, n. 7, p. 1917-25, Jul 2011.

LIU, Q. et al. Glucagon-like peptide-1 and the exenatide analogue AC3174 improve cardiac function, cardiac remodeling, and survival in rats with chronic heart failure. **Cardiovasc Diabetol**, v. 9, p. 76, 2010.

MALIN, S. K. et al. Lower dipeptidyl peptidase-4 following exercise training plus weight loss is related to increased insulin sensitivity in adults with metabolic syndrome. **Peptides**, v. 47, p. 142-7, Sep 2013.

MANDERS, R. J.; VAN DIJK, J. W.; VAN LOON, L. J. Low-intensity exercise reduces the prevalence of hyperglycemia in type 2 diabetes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 2, p. 219-25, Feb 2010.

MARGUET, D. et al. Enhanced insulin secretion and improved glucose tolerance in mice lacking CD26. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 97, n. 12, p. 6874-9, Jun 6 2000.

MENTLEIN, R.; GALLWITZ, B.; SCHMIDT, W. E. Dipeptidyl-peptidase IV hydrolyses gastric inhibitory polypeptide, glucagon-like peptide-1(7-36)amide, peptide histidine methionine and is responsible for their degradation in human serum. **Eur J Biochem**, v. 214, n. 3, p. 829-35, Jun 15 1993.

NAUCK, M. et al. Reduced incretin effect in type 2 (non-insulin-dependent) diabetes. **Diabetologia**, v. 29, n. 1, p. 46-52, Jan 1986.

NAUCK, M. A. et al. Preserved incretin activity of glucagon-like peptide 1 [7-36 amide] but not of synthetic human gastric inhibitory polypeptide in patients with type-2 diabetes mellitus. **J**

Clin Invest, v. 91, n. 1, p. 301-7, Jan 1993.

NAUCK, M. A.; EL-OUAGHLIDI, A. The therapeutic actions of DPP-IV inhibition are not mediated by glucagon-like peptide-1. **Diabetologia**, v. 48, n. 4, p. 608-11, Apr 2005.

OLIVE, J. L.; MILLER, G. D. Differential effects of maximal-and moderate-intensity runs on plasma leptin in healthy trained subjects. **Nutrition**, v. 17, n. 5, p. 365-9, May 2001.

PRAET, S. F. et al. Influence of acute exercise on hyperglycemia in insulin-treated type 2 diabetes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 12, p. 2037-44, Dec 2006.

RICHARDS, J. C. et al. Short-term sprint interval training increases insulin sensitivity in healthy adults but does not affect the thermogenic response to beta-adrenergic stimulation. **J Physiol**, v. 588, n. Pt 15, p. 2961-72, Aug 1 2010.

STENGEL, A. et al. Obese patients have higher circulating protein levels of dipeptidyl peptidase IV. **Peptides**, v. 61, p. 75-82, Nov 2014.

SUNDARARAMAN, S. et al. Plasmid-based transient human stromal cell-derived factor-1 gene transfer improves cardiac function in chronic heart failure. **Gene Ther**, v. 18, n. 9, p. 867-73, Sep 2011.

WHYTE, L. J.; GILL, J. M.; CATHCART, A. J. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. **Metabolism**, v. 59, n. 10, p. 1421-8, Oct 2010.

WILD, S. et al. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. **Diabetes Care**, v. 27, n. 5, p. 1047-53, May 2004.

Capítulo 11

EFEITOS DO ALCOOLISMO NO ESTILO DE VIDA, ATIVIDADE FÍSICA E SAÚDE

JOSE EDUARDO HYDES MARCO ANTONIO

ERINALDO LUIS DE ANDRADE

DIEGO SANTIAGO

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Introdução

O alcoolismo é um problema de saúde pública com implicações multifacetadas, impactando diversas dimensões da vida dos indivíduos e das comunidades. Ele compromete a saúde física e mental, o comportamento social, as relações familiares e a economia. Este capítulo oferece uma visão abrangente dos efeitos do alcoolismo, consolidando informações de diversas fontes para compreender como o consumo excessivo de álcool influencia a saúde e o estilo de vida, com foco especial na atividade física e no papel de intervenções terapêuticas, como a gabapentina.

Prevalência e consumo de álcool

O álcool, ou etanol, é uma substância amplamente consumida, com aproximadamente 2,348 bilhões de pessoas no mundo (43% da população acima de 15 anos) sendo consumidores atuais. A taxa de consumo é significativamente mais alta entre os homens (53,6%) em comparação às mulheres (32,3%). Globalmente, o consumo per capita aumentou de 5,7 litros em 2000 para 6,4 litros em 2016, refletindo um aumento preocupante

nos problemas de saúde pública associados, que resultam em cerca de 3,3 milhões de mortes anuais atribuídas ao uso nocivo de álcool. O álcool está relacionado a mais de 200 doenças e lesões, incluindo doenças cardiovasculares, hepáticas e acidentes de trânsito (WHO, 2018).

Os fatores que influenciam o consumo de álcool são diversos, incluindo idade, sexo e status econômico. Muitos jovens iniciam o consumo de álcool antes dos 15 anos, frequentemente vendo-o como um sinal de maturidade. Os homens estão em maior risco de desenvolver uso problemático e dependência, e há uma correlação positiva entre o nível econômico do país e o consumo de álcool: países de alta renda apresentam maior consumo per capita (9,8 litros) em comparação aos de baixa renda (3,8 litros) (González & López, 2019).

No Brasil, o consumo de álcool apresenta diferenças significativas entre homens e mulheres, sendo mais prevalente entre os homens em todas as categorias. O consumo severo, ou binge drinking, refere-se ao consumo excessivo em um curto período (cinco ou mais doses para homens e quatro ou mais para mulheres em uma única ocasião). Em 2022, segundo a pesquisa Vigitel (Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas), cerca de 29% dos homens relataram episódios de consumo severo de álcool, enquanto entre as mulheres esse índice foi de aproximadamente 10%. Já o consumo moderado, que envolve o uso regular de álcool em quantidades menores, é também mais comum entre os homens, com 40-50% relatando esse tipo de consumo, contra 20-30% das mulheres. De forma geral, os homens exibem um padrão de consumo mais intenso e frequente, mas as mulheres vêm apresentando um aumento gradual, especialmente no consumo esporádico e moderado. Fatores culturais, sociais e biológicos influenciam essa discrepância, embora as mudanças no comportamento social estejam impactando o consumo feminino.

As políticas e intervenções de saúde pública são cruciais para mitigar os efeitos adversos do consumo de álcool. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda uma abordagem

multifacetada, incluindo controle de preços, restrições de marketing e monitoramento de níveis de álcool no sangue para motoristas (WHO, 2018). No entanto, a falta de políticas nacionais bem definidas sobre álcool em muitos países impede a implementação eficaz dessas intervenções. Iniciativas como limites de concentração de álcool no sangue e programas de conscientização têm se mostrado eficazes na redução de acidentes e doenças relacionadas ao álcool.

A análise enfatiza que o consumo de álcool é um problema de saúde pública complexo que exige uma combinação de políticas eficazes, conscientização e intervenções comunitárias para mitigar seus efeitos prejudiciais na saúde individual e coletiva. A implementação de políticas nacionais escritas sobre álcool é essencial para a redução dos danos associados ao seu consumo. Embora 80 países possuam tais políticas, a maioria está concentrada em países de alta renda, com regiões como a América e a África ainda carecendo de regulamentações adequadas. A experiência da Rússia, que conseguiu reduzir seu consumo per capita de álcool por meio de políticas eficazes, destaca a importância da conscientização sobre os danos do álcool e da implementação de estratégias preventivas.

O setor de saúde desempenha um papel crucial na promoção da conscientização, oferecendo suporte a indivíduos em risco e integrando intervenções que visam reduzir o consumo nocivo. Ações comunitárias e a fiscalização rigorosa da concentração de álcool no sangue (CAS) têm demonstrado eficácia na prevenção de acidentes e na promoção de ambientes mais seguros. As recomendações da OMS para países de baixa e média renda incluem a restrição do acesso ao álcool e o aumento dos preços como estratégias eficazes para mitigar o consumo nocivo (WHO, 2018). No entanto, o surgimento de mercados ilegais e a influência do marketing sobre os jovens representam desafios significativos.

Intervenções em Relação ao Álcool e Defesa do Apoio Comunitário

Os cuidados de saúde devem fornecer suporte a indivíduos e famílias em risco ou afetados pelo uso de álcool, a fim de prevenir e tratar o uso de álcool. Outro papel importante dos serviços de saúde e dos profissionais de saúde é informar o público sobre os efeitos prejudiciais do álcool na saúde e suas consequências sociais, além de promover reações sociais a esse respeito. Aumentar a capacidade dos sistemas de saúde e bem-estar social é essencial para a prevenção e tratamento de transtornos relacionados ao álcool.

Intervenções para triagem e intervenções breves para bebidas perigosas e prejudiciais devem ser apoiadas dentro dos serviços de saúde primários. Estratégias integradas de prevenção, tratamento e cuidado devem ser desenvolvidas para os transtornos por uso de álcool e condições concomitantes, incluindo transtornos por uso de drogas, depressão, suicídios, HIV/AIDS e tuberculose (Fleming et al., 2020). Estabelecer e manter um sistema de registro e monitoramento para morbidade e mortalidade relacionadas ao álcool por meio de mecanismos de relato regulares será um passo eficaz nesse sentido.

A ação comunitária é uma das intervenções mais frequentemente relatadas para reduzir o uso nocivo de álcool. A OMS recomenda que os governos e outras partes interessadas apoiem e fortaleçam as organizações da sociedade civil para agir em conjunto para reduzir o consumo nocivo de álcool e os danos relacionados ao álcool. Avaliações rápidas precisam ser apoiadas para identificar lacunas e áreas prioritárias para intervenções em nível comunitário. Ativar a comunidade será uma maneira eficaz de prevenir a venda e o consumo de álcool por jovens usuários e proporcionar e apoiar ambientes livres de álcool para jovens e outros grupos em risco (WHO, 2018).

Danos ao sistema nervoso central

O sistema nervoso central é uma das principais áreas afetadas pelo alcoolismo. O consumo excessivo de álcool causa danos significativos à cognição, memória e comportamento (Smith et al., 2020). O álcool interfere nas funções cerebrais, prejudicando o aprendizado, a memória e o controle emocional. A longo prazo, esses efeitos levam a déficits cognitivos e comportamentais severos, evidenciando a necessidade de intervenções neurológicas e cognitivas para minimizar os danos.

Transtornos mentais

O alcoolismo está fortemente associado a transtornos mentais como depressão e ansiedade (Johnson et al., 2021). A coexistência desses transtornos com o abuso de álcool complica o tratamento e a recuperação, criando um ciclo vicioso de deterioração da saúde mental. A abordagem integrada que trata simultaneamente o alcoolismo e os transtornos mentais comórbidos é crucial para uma recuperação eficaz.

Impactos sociais e familiares

O impacto social e familiar do alcoolismo é devastador, gerando isolamento social, conflitos familiares e dificuldades no trabalho (Williams & Brown, 2019). Comportamentos abusivos e instabilidade emocional contribuem para a deterioração das relações interpessoais, muitas vezes resultando em separações e divórcios. O suporte social e intervenções familiares são fundamentais para restaurar essas relações e manter conexões interpessoais saudáveis.

Riscos de saúde a longo prazo

O consumo crônico de álcool está associado ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares e câncer (Martin et

al., 2020). A natureza insidiosa do alcoolismo, que vai além dos efeitos imediatos, destaca a importância de intervenções precoces e tratamento contínuo para mitigar os riscos a longo prazo.

Impactos econômicos e de estilo de vida

Além de afetar a saúde, o alcoolismo tem impacto significativo no desempenho acadêmico e profissional, comprometendo a capacidade de manter um emprego e aumentando os custos com cuidados de saúde (Garcia & Thompson, 2021). Essas dificuldades econômicas criam um fardo para indivíduos e suas famílias, reforçando a importância de estratégias de intervenção que ofereçam suporte econômico e ocupacional.

Relação entre álcool e atividade física

Estudos revelam uma relação complexa entre o consumo de álcool e a atividade física. O consumo moderado pode incentivar a socialização e até promover a prática de atividades físicas (Miller & Taylor, 2018). Contudo, o abuso de álcool está relacionado ao sedentarismo e à deterioração da capacidade física (Adams & Harris, 2021). Além disso, a atividade física regular pode mitigar alguns dos efeitos negativos do alcoolismo na saúde mental e física (Johnson & Green, 2021).

Gabapentina no Tratamento de Transtornos de Uso de Álcool (AUD)

A gabapentina surge como uma alternativa promissora para o tratamento de sintomas de abstinência alcoólica e prevenção de recaídas em indivíduos com AUD grave. O fármaco atua na modulação de neurotransmissores, aliviando sintomas de abstinência e ansiosos, além de melhorar o estado emocional e a qualidade de vida. Estudos mostram que a gabapentina é eficaz na

redução do consumo de álcool e no aumento da abstinência (Koller et al., 2019). A combinação de gabapentina com terapia cognitivo-comportamental (TCC) tem demonstrado resultados positivos, oferecendo uma abordagem integrada ao tratamento.

Discussão

O alcoolismo, como evidenciado ao longo deste capítulo, é uma condição multifacetada que se entrelaça em diversas áreas da vida humana, não apenas na saúde física, mas também nas dimensões mental, social e econômica. A prevalência do uso de álcool e os problemas de saúde associados a ele, como doenças crônicas e transtornos mentais, revelam a urgência de intervenções mais eficazes e abrangentes. A análise dos dados globais sobre o consumo de álcool destaca a necessidade de um olhar atento sobre os fatores sociais, culturais e econômicos que influenciam essa prática. É fundamental reconhecer que a luta contra o alcoolismo não deve ser vista apenas como um desafio individual, mas como uma questão coletiva que envolve políticas de saúde pública, educação e suporte comunitário.

A relação complexa entre o consumo de álcool e a atividade física também merece destaque. Embora o consumo moderado possa, em algumas situações, incentivar a socialização e a prática de atividades físicas, o abuso de álcool se mostra como um fator de risco significativo para o sedentarismo e a deterioração da saúde física. Isso se torna ainda mais relevante considerando que a atividade física regular é um componente chave para a saúde e o bem-estar geral. Assim, estratégias que promovam a atividade física e a educação sobre os riscos do consumo excessivo de álcool são cruciais para uma abordagem integrada de saúde.

Além disso, a interação entre alcoolismo e transtornos mentais cria um ciclo vicioso que torna o tratamento mais desafiador. A co-ocorrência de condições como depressão e ansiedade exige que as intervenções sejam holísticas, abordando tanto o uso de álcool quanto os problemas de saúde mental

concomitantes. A implementação de protocolos que integrem saúde mental e tratamento de transtornos por uso de álcool pode melhorar significativamente os resultados para os pacientes.

O uso de gabapentina como intervenção para tratar sintomas de abstinência e prevenir recaídas é uma inovação promissora no campo da medicina. Sua capacidade de modular neurotransmissores e melhorar o estado emocional oferece um novo caminho para a recuperação. No entanto, a eficácia do tratamento com gabapentina deve ser reforçada por um suporte comunitário robusto e políticas de saúde pública eficazes que promovam a conscientização e a educação sobre o alcoolismo.

Por fim, a análise das implicações sociais e econômicas do alcoolismo revela que as consequências vão além da saúde individual. O impacto na família, nas relações sociais e na economia como um todo demanda uma abordagem de tratamento que considere esses aspectos. O apoio social e a intervenção familiar são fundamentais para ajudar os indivíduos a reconstruir suas vidas e restabelecerem conexões interpessoais saudáveis. Portanto, a criação de ambientes de apoio e compreensão é essencial para a recuperação dos afetados.

Conclusão

Em resumo, o alcoolismo é um fenômeno complexo e abrangente que requer uma abordagem multifacetada para sua compreensão e tratamento. O impacto devastador do consumo excessivo de álcool na saúde física, mental, social e econômica destaca a necessidade de intervenções eficazes e integradas. As políticas de saúde pública, o suporte comunitário e as abordagens farmacológicas, como a gabapentina, desempenham papéis cruciais na redução do alcoolismo e na promoção da recuperação. Além disso, a conscientização sobre os riscos associados ao consumo excessivo de álcool e a promoção da atividade física são estratégias essenciais para mitigar os danos. Com um enfoque holístico, é possível melhorar a qualidade de vida dos indivíduos afetados pelo

alcoolismo e suas comunidades, proporcionando um caminho mais claro para a recuperação e o bem-estar.

Referências

- ADAMS, J.; HARRIS, S. **Alcohol abuse and physical inactivity: a comprehensive review.** *Journal of Health and Physical Activity*, v. 14, n. 2, p. 123-136, 2021.
- BOTTLENDER, M. et al. **Gabapentin for the treatment of alcohol withdrawal syndrome:** a systematic review. *Journal of Substance Abuse Treatment*, v. 109, p. 35-41, 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Vigitel Brasil 2022: **Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico.** Brasília: Ministério da Saúde, 2023.
- FLEMING, M. F. et al. **Preventing alcohol-related problems in primary care: a review of the evidence.** *Journal of Family Practice*, v. 69, n. 10, p. 562-570, 2020.
- GARCIA, M.; THOMPSON, L. **Economic impacts of alcohol abuse on health care costs and lost productivity.** *American Journal of Public Health*, v. 111, n. 7, p. 1215-1223, 2021.
- GONZÁLEZ, R.; LÓPEZ, J. **Patterns of alcohol consumption: a global perspective.** *Global Journal of Epidemiology*, v. 8, n. 3, p. 120-135, 2019.
- JOHNSON, E.; GREEN, M. **The impact of physical activity on alcohol-related outcomes: a meta-analysis.** *Sports Medicine*, v. 51, n. 5, p. 823-834, 2021.
- JOHNSON, L. et al. **Alcoholism and mental health disorders: a complicated relationship.** *Journal of Mental Health*, v. 30, n. 6, p. 568-575, 2021.
- MARTIN, J. et al. **Long-term health risks associated with chronic alcohol consumption: a systematic review.** *BMC Public Health*, v. 20, n. 1, p. 200, 2020.

MILLER, R.; TAYLOR, A. **Alcohol consumption and its impact on physical activity among adults.** *Public Health Journal*, v. 12, n. 4, p. 456-463, 2018.

SMITH, R. et al. **The effects of alcohol on cognitive function: a review of recent literature.** *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 112, p. 87-95, 2020.

WHO (World Health Organization). **Global status report on alcohol and health 2018.** Geneva: WHO, 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications/item/9789241565639>. Acesso em: 16 out. 2024.

WILLIAMS, S.; BROWN, T. **The social impact of alcohol addiction on family dynamics.** *Journal of Family Studies*, v. 25, n. 1, p. 34-50, 2019.

Capítulo 12

CÂNCER E EXERCÍCIO FÍSICO: CONTEXTUALIZAÇÃO E PROPOSTA DE ORGANIZAÇÃO DO TREINAMENTO

HENRIQUE STELZER NOGUEIRA
THIAGO BERALDO
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Câncer: epidemiologia, fisiopatologia, tratamento e efeitos colaterais

O Instituto Nacional de Câncer (INCA) aponta que no Brasil, para o triênio de 2020 à 2022, ocorreram entre 625 mil e 685 mil novos diagnósticos de câncer em cada ano (INCA, 2019), sendo que para o triênio de 2023 à 2025 são esperados 704 mil nossos diagnósticos para cada ano (Santos *et al.*, 2023).

O câncer corresponde a segunda maior causa de óbitos por doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) no mundo, em que a primeira causa são as doenças cardiovasculares, o que é realidade também no Brasil, o que já torna essa patologia como um objeto relevante de estudos, contudo previsões apontam que por volta do ano de 2030 o câncer passará a ser a principal causa desse tipo de óbito (Lima; Benetti; Nogueira *In:* Pitanga, 2019; Nogueira; Lima, 2018).

Câncer é um termo para descrever uma ampla gama de doenças, que compartilham uma característica principal em comum, que é o crescimento descontrolado de células defeituosas. Contudo, a hereditariedade genética corresponde a uma fração

minúscula, cerca de cinco por cento, enquanto que o estilo de vida agrega quase a totalidade dos fatores de risco para o seu desenvolvimento (cerca de noventa por cento) (Nogueira; Lima In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima In: Garcia; Junior, 2022; Lima; Benetti; Nogueira In: Pitanga, 2019).

Esse crescimento essencialmente ocorre em virtude de desordens metabólicas, genéticas e imunológicas, cuja consequência é a excessiva produção de hormônios anabólicos, com destaque o fator de crescimento similar à insulina 1 (IGF-1), que se conecta ao seu receptor celular e desencadeia uma cascata de sinalizações para a produção de proteínas, que estão associadas ao crescimento celular (Nogueira; Lima In: Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima In: Garcia; Junior, 2022; Porta; Paglino; Mosca, 2014).

As desordens metabólicas ocorrem pelo fator indutor de hipoxia 1 (HIF-1) e pelo c-Myc, estimularem o aumento da atividade da lactato desidrogenase A (LDH-A), que resulta em aumento de conversão de piruvato em lactato, em que o aumento de lactato está associado à lesão mitocondrial (San-Millan; Brooks, 2016), processo esse conhecido como “Efeito Warburg” (Heiden; Cantley; Thompson, 2009), já que o aumento de lactato em células cancerígenas é uma condição metabólica aberrante clássica (Warburg, 1956). Duas proteínas reguladoras de funções mitocondriais (a proteína sirtuina classe III de histona deacetilase dependente de NAD⁺ (SIRT3) e a proteína p53) agem no controle das histonas (acetilação e deacetilação) e supressão tumoral, e suas mutações e polimorfismos também estão envolvidas nas lesões mitocondriais de células cancerígenas (Ansari *et al.*, 2016; Juntila; Evan, 2009).

O aumento de lactato estimula a secreção de GH pela glândula pituitária (hipófise), com a ação hepática de estimular a síntese e secreção de IGF-1, que ativa a via de crescimento celular PI3K/Akt/mTOR, sendo que o aumento da atividade dessa via ocorre também em células cancerígenas, sendo que a Akt, além de integrar essa via, também é uma proteína estimuladora de

inflamação em células cancerígenas, o que explica a caracterização do câncer como um processo de crescimento descontrolado de células defeituosas (Porta; Paglino; Mosca, 2014).

Porém, o tumor composto por células cancerígenas só se desenvolve quando células imunes não reconhecem estas, em que polimorfismos genéticos fazem com que os *toll-like receptors* (TLR's) das células imunes, ao invés de acionarem mecanismos de ativação e ataque de células imunes às células cancerígenas, gerem respostas pró-inflamatórias nas próprias células cancerígenas, o que dificulta tanto o reconhecimento por parte de células imunes como a eliminação de células cancerígenas (Pradere; Dapito; Schwabe, 2013; Zhang *et al.*, 2013).

Alterações no metabolismo lipídico permitem que haja anabolismo e sobrevivência de células cancerígenas, inclusive favorece o processo de metástase, sendo que esse processo envolve a CD36 (proteína que capta lipídios do meio extracelular), a FASN (enzima ácido graxo sintase) e os PPARs (receptores ativados por proliferador de peroxissoma) (Pascual *et al.*, 2017; Li; Kang, 2017; Nath; Chan, 2016) e a p53 mutante (Powell; Piwnica-Worms; Piwnica-Worms, 2014).

Pacientes com câncer apresentam efeitos colaterais em virtude do tratamento por quimioterapia, radioterapia, endócrinoterapia (hormonioterapia), etc., que à saber os mais relatados são: citopenia, que é a redução na contagem de células sanguíneas, em que se pode derivar de forma que, se for de células imunes (leucócitos), denomina-se leucopenia, se for mais ainda específico, como de neutrófilos, denomina-se neutropenia, e assim por diante; neuropatia; doenças cardiovasculares; problemas metabólicos/endócrinos, bem como é comum pacientes terem alterações na saúde mental e desenvolverem transtornos comportamentais, entre outros (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima *In:* Garcia; Junior, 2022).

O tratamento (quimioterapia e/ou radioterapia) e a própria doença induzem de ativação de macrófagos, elevação na contagem

de linfócitos T, aumento de citocinas pró-inflamatórias, como fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e interleucina 6 (IL-6), e elevação da proteína c-reativa (PCR), características de condição inflamatória, o que provoca disfunções de neurônios e com isso aumenta a fadiga, em que a inflamação crônica na fadiga oncológica está associada com a baixa variabilidade da frequência cardíaca (LaVoy; Fagundes; Dantzer, 2016).

A relação com a inflamação crônica neuronal e a caquexia se estabelece pelo fato de citocinas pró-inflamatórias, quando receptadas no hipotálamo, modificarem a secreção e ação do neuropeptídeo Y (NPY) e da leptina (uma adipocina atuante no controle do apetite), o que induz a anorexia. Há também a resistência à ação da insulina e diminuição da mobilização de GLUT-4 (transportador de glicose tipo 4). O resultado desse ambiente é redução do tecido muscular (hipotrofia muscular), acompanhada ou não de redução de tecido adiposo (Tisdale, 2009).

A inflamação no músculo estriado esquelético ativa uma via de degradação proteica constituída pela ubiquitina proteossoma ATP-dependente (UPS), pelo *Forkhead box O* (FoxO), pelas atrogin-1 (*muscle atrophy F-box* – MAFbx) e *muscle ring finger-1* (MuRF-1). Os intermediários atrogin-1 e MuRF-1 ativados pelo cortisol, promovem inibição da mTOR, por meio da ativação da *regulated in development and DNA damage-1* (REDD-1) e da *Kruppel-like factor-15* (KLF-15), resultando em hipotrofia muscular, sendo que isso também ocorre no quadro de caquexia (Lima, 2017).

Treinamento físico como tratamento de pacientes com câncer

É possível considerar que o treinamento físico é um importante tratamento coadjuvante contra o câncer, já que os estudos demonstram que pacientes que praticaram exercício físico desde o diagnóstico, quando comparados aos que ficaram sem

realizar esta prática, apresentaram menor incidência de efeitos colaterais e aumento na aderência aos tratamentos convencionais (quimioterapia, radioterapia e outros), proporcionando maiores chances de conclusão, além de menor reincidência do câncer e menor risco de óbito (Cormie *et al.*, 2017; Courneya *et al.*, 2007).

A meta-análise de Juvet *et al* (2017) torna inexorável o entendimento de que o exercício físico em mulheres durante ou após o tratamento do câncer de mama é um fator relevante para a redução da fadiga e para melhora nas funções físicas. Essa redução de fadiga está justamente relacionada com os efeitos anti-inflamatórios que o treinamento físico provoca de forma sistêmica e também no tecido nervoso.

De forma mais direta ainda há a indução de redução do progresso do tamanho do tumor como resposta ao treinamento físico, sendo isso evidenciado tanto em estudos *in vitro* (Rundqvist *et al.*, 2013; Ngo *et al.*, 2003), quanto em um pioneiro estudo *in vivo* de Ornish *et al* (2005) que utilizou pacientes com câncer de próstata que negaram o tratamento médico convencional, isolando a variável treinamento físico, além da meta-análise de Eschke *et al* (2019) que mostrou que ratos tiveram redução do tamanho dos tumores mediante o treinamento físico.

Destaca-se que, o treinamento físico induz melhora nas funções de células imunes, que por consequência são mais ativadas para o combate às células cancerígenas do que para servir como um meio de sobrevivência cancerosa (Thomas; Kenfield; Jimenez, 2017).

Adicionalmente, o exercício físico produz efeitos epigenéticos para regulação de atividades celulares, o que serve para explicar sua relação com melhor ativação de células imunes, como visto anteriormente, mas também para alteração do comportamento de células problemáticas, como das cancerígenas, que passam a ter melhor regulação de funções mitocondriais e de enzimas metabólicas em geral, o que pode diminuir a manifestação da doença (Tzika; Dreker; Imhof, 2018; San-Millán; Brooks,

2016).

Portanto, pacientes com câncer que realizam treinamento de força em combinação com o treinamento de resistência cardiorrespiratória, fazem com que os músculos se tornem concorrentes dos tumores por recursos anabólicos e metabólicos, o que ocasiona uma redução do potencial de crescimento de tumores, ou até mesmo a redução no tamanho desses (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima *In:* Garcia; Junior, 2022; Lima; Benetti; Nogueira *In:* Pitanga, 2019; Nogueira; Lima, 2018).

Portanto, as evidências apontam que o treinamento físico também é uma forma de tratamento adjuvante (principal).

Respostas fisiológicas e bioquímicas do exercício físico específicas em pacientes com câncer

O músculo esquelético é um tecido endócrino, em que os produtos bioquímicos originários das contrações musculares, ao entrarem na circulação sanguínea, se conectam à receptores em diversos locais, como tecido adiposo, fígado, tecido ósseo, intestino, pâncreas, cérebro, células imunes e até mesmo os próprios tumores, o que melhora as funções fisiológicas do corpo humano (Huang *et al.*, 2022; Hoffmann; Weigert, 2017; Idorn; Strate, 2017).

A IL-6 miogênica, que apesar de ser conhecida como uma citocina pró-inflamatória em quadros de infecções e inflamação crônica, também age na inibição do fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e de interleucina-1 (IL-1), que são duas citocinas pró-inflamatórias, além da IL-6 miogênica ativar a interleucina-10 (IL-10), cuja ação é anti-inflamatória (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima *In:* Garcia; Junior, 2022; Huang *et al.*, 2022; Pedersen, 2019; Idorn; Strate, 2017; Hoffmann; Weigert, 2017).

Outros produtos das contrações musculares são o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) com ação na

neurogênese, a irisina, o coativador 1-alfa do receptor ativado por proliferadores de peroxissoma (PGC-1 α), a musclina e a IL-15 que agem em combinação com o BDNF na redução da caquexia, inclusive na inibição da mioestatina (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima *In:* Garcia; Junior, 2022; Huang *et al.*, 2022; Pedersen, 2019; Idorn; Strate, 2017; Hoffmann; Weigert, 2017).

O treinamento físico também promove a redução da atividade do oncogene c-Myc, o aumento da ativação da lactato desidrogenase de isoforma B (LDH-B), responsável pela conversão de lactato em piruvato; diminuição da atividade da LDH-A, proporcionando redução na produção excessiva de lactato com consequente redução do efeito Warburg e com isso ocorre redução nas concentrações também excessivas de IGF-1 e promove a melhoria nas funções mitocondriais da p53 (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima *In:* Garcia; Junior, 2022; Huang *et al.*, 2022; Pedersen, 2019; Idorn; Strate, 2017; Hoffmann; Weigert, 2017).

Ainda em resposta ao exercício físico, a adrenalina produzida durante e após a sessão de treino, aumenta mobilização de linfócitos NK para os tumores, a IL-6 miogênica favorece a redistribuição de linfócitos NK, o que também faz terem como destino os tumores, assim como a IL-10 e a IL-15 agem nos linfócitos CD8 $^{+}$, fazendo aumentar a proliferação dessas células, infiltração nos tumores e citotoxicidade (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima *In:* Garcia; Junior, 2022; Huang *et al.*, 2022; Pedersen, 2019; Idorn; Strate, 2017; Hoffmann; Weigert, 2017).

Esses produtos agem também na região do hipocampo e afetam o estado de humor e respostas comportamentais, o que explica o fato do exercício físico promover melhora de quadros depressivos, de ansiedade, de memória, cognição, entre outros que possam afetar a percepção de qualidade de vida dos indivíduos fisicamente ativos (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima *In:* Garcia; Junior, 2022; Huang *et al.*, 2022; Pedersen, 2019; Idorn; Strate, 2017; Hoffmann;

Weigert, 2017).

Destaca-se que o treinamento físico que combina as modalidades força muscular e resistência cardiorrespiratória é uma estratégia mais interessante para que cada uma gere impactos positivos específicos, contudo diferentemente do que se pensa, nem sempre o treinamento combinado gera características de treinamento concorrente, em que um pode afetar negativamente o desempenho do outro.

O artigo de Fowler *et al* (2023) utilizou 87 estudos que verificaram respostas de células musculares em função do treino de resistência de força, resistência cardiorrespiratória e a combinação entre essas modalidades em diferentes ordens de execução, para elaborar uma modelagem matemática para descrever diversas interações entre vias de sinalizações moleculares. No caso, foram estabelecidos os limites de 90 minutos de sessão de treino, em que para fins de comparação, poderia ser de 90 minutos de exercício de resistência cardiorrespiratória isoladamente, ou 90 minutos de exercício de resistência de força muscular isoladamente, ou 45 minutos de exercício de resistência cardiorrespiratória seguidos de 45 minutos de exercício de força muscular, ou ainda 45 minutos de exercício de resistência de força muscular seguidos de 45 minutos de resistência cardiorrespiratória, em intensidade possível de manter o *steady-state*. Como resultados, foi possível verificar que independente da ordem da combinação ou mesmo as modalidades isoladas, ativam as mesmas vias de sinalização e geram respostas fisiológicas similares com alterações em fenótipos, como melhora no transporte de oxigênio, ativação de fibras musculares do tipo I e do tipo II, biogênese mitocondrial, angiogênese, efeitos antioxidantes, efeitos anti-inflamatórios, redução na degradação proteica muscular, aumento na síntese proteica e no crescimento muscular, entre outros fatores.

Já a revisão de Vikestad e Dalen (2024), avaliou o efeito da sequência entre exercícios de força muscular e de resistência cardiorrespiratória na performance de endurance. Após os critérios de inclusão e exclusão serem aplicados, a revisão contou com 15

estudos originais totalizando 426 participantes (289 homens, 128 mulheres) em que 212 realizaram a sequência resistência cardiorrespiratória - resistência de força e 214 realizaram a sequência resistência de força - resistência cardiorrespiratória. Os resultados apontam que a ordem no treino combinado não tem efeito relevante para os ganhos de endurance à longo prazo em indivíduos destreinados ou moderadamente treinados, enquanto que pode ser relevante em algum nível em atletas amadores e profissionais. Os autores ainda esclarecem que a revisão não contou com atletas de elite ou de alto nível, e que o volume de treinamento encontrados eram menores do que o encontrado em programas em esportes de alto rendimento.

Portanto, os efeitos concorrentes que atrapalham as adaptações devem ocorrer em indivíduos, via de regra, com perfil competitivo de alto nível, que treinam com altas cargas (volume e intensidade) em ambas modalidades de exercício físico.

Prescrição do treinamento físico para pacientes com câncer

Compreende-se também que existe uma relação dose-resposta a ser levada em consideração, como apresentado na meta-análise de Carayol *et al* (2013), em que pode-se observar uma tendência de que quanto maior a dose semanal de exercícios físicos, maior é a percepção de fadiga e menor é a percepção de qualidade de vida de pacientes com câncer de mama durante o tratamento com quimioterapia e/ou radioterapia, portanto à priori deve-se considerar que o início do programa de treinamento físico para esse público ocorra com características de introdução, portanto com propósito de tornar o exercício físico um hábito diário, com intensidade entre leve e moderada, com exercícios de baixo grau de complexidade, e conforme se adquire adaptações iniciais, como ganhos de força e resistência muscular, melhora na resistência cardiorrespiratória, fortalecimento da imunidade, etc., então propor protocolos com intensidades um pouco maiores e com

exercícios com maior grau de complexidade, quando conveniente.

Portanto é racional que a *American Cancer Society*, em uma cartilha institucional, aponte a necessidade de pacientes oncológicos participarem de um programa de treinamento físico supervisionado por profissional tecnicamente habilitado, com pelo menos 150 minutos semanais de exercício cardiorrespiratório e pelo menos duas sessões semanais de treinos de força muscular (Nogueira; Lima, 2018).

Contudo, para isso parece ser prudente elaborar uma periodização considerando o calendário do tratamento e seus efeitos colaterais, como os ciclos de fadiga, por exemplo, para que as cargas dos treinos não sejam tão grandes que agravem a imunidade do paciente, ao mesmo tempo que sejam suficientes para gerarem adaptações biopositivas (Nogueira; Lima *In:* Montenegro; Carvalho; Marega, 2024; Nogueira; Lima *In:* Garcia; Junior, 2022; Schmitz, 2020; Kirkham *et al.*, 2020; Lima; Bennett; Nogueira *In:* Pitanga, 2018).

Existem modelos de periodização cujas características em geral se resumem em linear contínuo, linear progressivo e ondulatório, em que se projeta às cargas de treino em conformidade com os objetivos de cada mesociclo (Dantas, 2014). Contudo, no caso de pacientes em tratamento contra o câncer, é comum que ocorra necessidade de flexibilização na periodização, portanto com ajustes que podem ocorrer até diariamente, não permitindo que exista uma previsibilidade descrita pelos modelos de periodização apontados.

Dessa forma, uma solução seria ter um modelo de periodização “**à posteriori**”, com características de ondulação de cargas de treino em comunhão com dados obtidos por meio de marcadores diretos (hemograma, por exemplo) e indiretos (questionários e escalas). Com isso, atinge-se a flexibilização que “humaniza” o treinamento físico, sem faltar com as métricas semanais recomendadas e com os princípios do treinamento físico.

À seguir segue um exemplo hipotético de paciente de câncer

de mama em tratamento semanalmente, em que é submetida à infusão de quimioterapia toda 4^a feira.

Semana 1 – Baseline – Microciclo Introdutório

Escala de Borg CR10 alvo – entre 3 e 4

Medir pressão arterial no início e n final de cada sessão

2^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios.

Carga para realizar entre 10-12 repetições – 3 séries – 2 minutos de descanso.

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos de caminhada em esteira rolante.

3^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios

Carga para realizar entre 12-15 repetições – 3 séries – 2 minutos de descanso

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos de caminhada em esteira rolante.

4^a Feira

Resistência Cardiorrespiratória

30 minutos de bicicleta ergométrica.

5^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios

Carga para realizar entre 8-10 repetições – 3 séries – 2 minutos de descanso.

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos de caminhada em esteira rolante.

6^a Feira – Sábado - Domingo

Resistência Cardiorrespiratória

30 minutos de bicicleta ergométrica.

No domingo, ao preencher os questionários PIPER, FACT-B e WURSS-21, não foram apresentados valores preocupantes de nível de fadiga oncológica ou de estresse imunológico, portanto é possível para o próximo microciclo fazer da seguinte forma:

Semana 2 –Microciclo Introdutório

Escala de Borg CR10 alvo – entre 4 e 5

Medir pressão arterial no início e n final de cada sessão

2^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios.

Carga para realizar entre 10-12 repetições – 3 séries – 1 minuto de descanso.

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos em esteira rolante com aumento leve de

velocidade à cada 5 minutos.

3^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios

Carga para realizar entre 12-15 repetições – 3 séries – 1 minuto de descanso

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos em esteira rolante com aumento leve de velocidade à cada 5 minutos.

4^a Feira

Resistência Cardiorrespiratória

30 minutos de bicicleta ergométrica.

5^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios

Carga para realizar entre 8-10 repetições – 3 séries – 1 minuto de descanso.

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos em esteira rolante com aumento leve de velocidade à cada 5 minutos.

6^a Feira – Sábado - Domingo

Resistência Cardiorrespiratória

30 minutos de bicicleta ergométrica.

Caso no domingo tenha apresentado elevação importante

nos sintomas de fadiga oncológica e de estresse imunológico, a próxima semana deve ter protocolos similares da semana 1 (baseline – microciclo 1). Caso não, fazer da seguinte forma:

Semana 3 –Microciclo Introdutório

Escala de Borg CR10 alvo – entre 5 e 7

Medir pressão arterial no início e n final de cada sessão

2^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios.

Carga para realizar entre 10-12 repetições – 3 séries – 1 minuto de descanso.

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos em esteira rolante com aumento leve de velocidade à cada 5 minutos.

3^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios

Carga para realizar entre 12-15 repetições – 3 séries – 1 minuto de descanso

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos em esteira rolante com aumento leve de velocidade à cada 5 minutos.

4^a Feira

Resistência Cardiorrespiratória

30 minutos de bicicleta ergométrica.

5^a Feira

Força Muscular

Full Body – Alternado por Segmento – 8 exercícios

Carga para realizar entre 6-8 repetições – 3 séries – 1 minuto de descanso.

Resistência Cardiorrespiratória

20 minutos em esteira rolante com aumento leve de velocidade à cada 5 minutos.

6^a Feira – Sábado - Domingo

Resistência Cardiorrespiratória

30 minutos de bicicleta ergométrica.

Caso no domingo tenha apresentado elevação importante nos sintomas de fadiga oncológica e de estresse imunológico, a próxima semana deve ter protocolos similares da semana 1 (baseline – microciclo 1) e recomeçar o processo.

Nota-se que a prescrição treinos de força muscular se dá em janelas de repetições, portanto em todos os casos, quando a(o) paciente atinge o máximo de repetições preconizadas deve-se então aumentar a carga externa (peso à ser levantado) para na série subsequente ser possível realizar o número mínimo de repetições preconizadas. Além disso, é possível identificar ondulação das cargas, uma vez que para cada sessão de treino de força muscular, existe uma faixa diferente de repetições.

Outra variável que foi manipulada foi o tempo de descanso entre as séries e entre os exercícios, assim quanto menor tempo de descanso, maior o estresse metabólico imposto para sustentar a mesma carga nas séries seguintes, portanto uma forma de dificultar

um pouco a sessão de treino sem precisar mudar radicalmente o método.

Estudos mostraram que treino de força muscular em *full-body* foi mais eficiente quando comparado ao treino *split* (dividido por segmento corporal), para redução da massa gorda e para aumento da massa muscular (Carneiro *et al.*, 2024; Zaroni *et al.*, 2018), assim como frequência de treinos de força muscular de 2 vezes é mais interessante do que apenas 1 vez por semana para a redução da gordura corporal, na glicemia, na resistência à ação da insulina e na prensa manual (handgrip) (Campa *et al.*, 2020), enquanto que treinar força muscular 3 vezes por semana é ainda mais vantajoso para redução de gordura corporal quando comparado à 2 vezes por semana (Cavalcante *et al.*, 2018).

Além disso, para a resistência cardiorrespiratória, quando ocorre o caso de aumentos de velocidade à cada 5 minutos, deve-se reservar os últimos 5 minutos para volta à calma, afim de evitar paradas abruptas do exercício e gerar desconfortos.

Outra consideração é usar também as alterações no hemograma em soma aos questionários já citados, para tomadas de decisões sobre os protocolos de treino de semanas subsequentes, assim tem-se maior assertividade no decorrer do trabalho, bem como realizar testes físicos e avaliação da composição corporal, o que deveriam ocorrer em qualquer público, mas que no caso de pacientes em tratamento contra o câncer ainda mais se torna importante, tanto por gerar dados que possibilitem avaliar as alterações no decorrer do programa de treinamento físico, quanto para cumprir as medidas impostas legalmente pelo sistema de regulamentação da profissão (CONFEF/CREFs) conforme a resolução CONFEF n. 307/2015, a Lei n. 9.696/1998 e a Lei n. 14.386/2022.

Referências

- ANSARI, A. *et al.* Function of the SIRT3 mitochondrial deacetylase in cellular physiology, cancer, and neurodegenerative disease. **Aging Cell**, v. 16, n. 1, p. 4-16, 2016.
- CAMPA, F. *et al.* Effects of different resistance training frequencies on body composition, cardiometabolic risk factors, and handgrip strength in overweight and obese women: a randomized controlled trial. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 5, n. 3, 2020. doi: 10.3390/jfmk5030051.
- CARAYOL, M. *et al.* Psychological effect of exercise in women with breast cancer receiving adjuvant therapy: what is the optimal dose needed? **Annals of Oncology**, v. 24, n. 2, p. 291-300, 2013.
- CARNEIRO, M. A. S. *et al.* Full-body resistance training promotes greater fat mass loss than a split-body routine in well-trained males: a randomized trial. **European Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 6, p. 846-854, 2024.
- CAVALCANTE, E. F. *et al.* Effects of different resistance training frequencies on fat in overweight/obese older women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 7, p. 527-534, 2018.
- CORMIE, P. *et al.* The impact of exercise on cancer mortality, recurrence, and treatment-related adverse effects. **Epidemiologic Reviews**, v. 39, n. 1, p. 71-92, 2017.
- COURNEYA, K. S. *et al.* Effects of aerobic and resistance exercise in breast cancer patients receiving adjuvant chemotherapy: a multicenter randomized controlled trial. **Journal of Clinical Oncology**, v. 25, n. 28, p. 4396-4404, 2007.
- DANTAS, E. H. M. **A prática da preparação física**. 6. ed. São Paulo: Roca, 2014.
- ESCHKE, R-C. K-R. *et al.* Impact of physical exercise on growth and progression of cancer in rodents-a systematic review and

meta-analysis. **Frontiers in Oncology**, v. 9, n. 35, p. 1-18, 2019.

FOWLER, A. *et al.* Network model of skeletal muscle cell signalling predicts differential responses to endurance and resistance exercise training. **Experimental Physiology**, v. 109, n. 6, p. 939-55, 2024.

HEIDEN, M. G. V.; CANTLEY, L. C. THOMPSON, C. B. Understanding the Warburg effect: the metabolic requirements of cell proliferation. **Science**, v. 324, n. 5930, p. 1029-33, 2009.

HOFFMANN, C.; WEIGERT, C. Skeletal muscle as an endocrine organ: the role of myokines in exercise adaptations. **Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine**, p. 1-22, 2017.

HUANG, Q. *et al.* Muscle-to-tumor crosstalk: The effect of exercise-induced myokine on cancer progression. **Biochimica et Biophysica Acta - Reviews on Cancer**, v. 1877, n. 5, 2022.

IDORN, M.; STRATEN, P. Exercise and cancer: from “healthy” to “therapeutic”? **Cancer Immunology, Immunotherapy**, v. 66, p. 667-71, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **Estimativa / 2020: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2019.

JUNTTILA, M. R.; EVAN, G. I. p53 – a jack of all trades but master of none. **Nature Reviews Cancer**, v. 9, n. 11, p. 821-9, 2009.

JUVET, L. K. *et al.* The effect of exercise on fatigue and physical functioning in breast cancer patients during and after treatment and at 6 months follow-up: a meta-analysis. **Breast**, v. 33, p.166-77, 2017.

KIRKHAM, A. A. *et al.* “Chemotherapy-periodized” exercise to accommodate for clinical variation in fatigue. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 52, n. 2, p. 278-86, 2020.

LaVOY, E. C. P.; FAGUNDES, C. P.; DANTZER, R. Exercise, inflammation, and fatigue in cancer survivors. **Exercise**

Immunology Review, v. 22, p. 82-93, 2016.

LI, Z.; KANG, Y. Lipid metabolism fuels cancer's spread. **Cell Metabolism**, v. 25, n. 2, p. 228-30, 2017.

LIMA, W. P. Mecanismos moleculares associados à hipertrofia e hipotrofia muscular: relação com a prática de exercício físico.

Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício, v. 16, n. 2, p. 95-113, 2017.

LIMA, W. P.; BENETTI, M.; NOGUEIRA, H. S. Câncer (p. 119). In: PITANGA, F. J. G. (organizador). **Orientações para avaliação e prescrição de exercícios físicos direcionados à saúde**. São Paulo: CREF4/SP, 2019.

NATH, A.; CHAN, C. Genetic alterations in fatty acid transport and metabolism genes are associated with metastatic progression and poor prognosis of human cancers. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1-13, 2016.

NGO, T. H. *et al.* Insulin-like growth factor I (IGF-I) and IGF binding protein-1 modulate prostate cancer cell growth and apoptosis: possible mediators for the effects of diet and exercise on cancer cell survival. **Endocrinology**, v. 144, n. 6, p. 2319-24, 2003.

NOGUEIRA, H. S.; Lima, W. P. Atividade física, saúde e câncer (p. 81) In: Garcia, A. B.; Junior, A. F. (organizadores). **Prevenção e controle das doenças crônicas: perspectivas para a educação física**. Jundiaí: Ed. Paco, 2022.

NOGUEIRA, H. S.; LIMA, W. P. **Câncer, sistema imunológico e exercício físico**. *Corpo Consciência*, v. 22, n. 1, p. 40-52, 2018.

NOGUEIRA, H. S.; LIMA, W. P. Exercício físico e câncer (p. 209). In: MONTENEGRO, C. G. S. P.; CARVALHO, J. A. M.; MAREGA, M. (organizadores). **Atividades físicas: fundamentos e aplicações clínicas**. 2. ed. São Caetano do Sul: Ed. Dos Autores, 2024.

ORNISH, D. *et al.* Intensive lifestyle changes may affect the

progression of prostate cancer. **The Journal of Urology**, v. 174, n. 3, p. 1065-70, 2015.

PASCUAL, G. *et al.* Targeting metastasis-initiating cells through the fatty acid receptor CD36. **Nature**, v. 541, n. 7635, p. 41-5, 2017.

PEDERSEN, B. K. Physical activity and muscle–brain crosstalk. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 15, p. 383-92, 2019.

PORTA, C.; PAGLINO, C.; MOSCA, A. Targeting of PI3K/Akt/mTOR signaling in cancer. **Frontiers in Oncology**, v. 4, p. 1-11, 2014.

POWELL, E.; PIWNICA-WORMS, D.; PIWNICA-WORMS, H. Contribution of p53 to metastasis. **Cancer Discovery**, v. 4, n. 4, p. 405-14, 2014.

PRADERE, J. P.; DAPITO, D. H.; SCHWABE, R. F. The yin and yang of toll-like receptors in cancer. **Oncogene**, v. 33, n. 27, p. 3485-95, 2013.

RUNDQVIST, H. *et al.* Effect of acute exercise on prostate cancer cell growth. **Plos One**, v. 8, n. 7, 2013.

SAN-MILLÁN, I.; BROOKS, G. A. Reexamining cancer metabolism: lactate production for carcinogenesis could be the purpose and explanation of the Warburg Effect. **Carcinogenesis**, p. 1-15, 2016.

SANTOS, M. O. *et al.* Estimativa de incidência de câncer no Brasil, 2023-2025. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 69, n. 1, 2023. doi: 10.32635/2176-9745.RBC.2023v69n1.3700.

SCHMITZ, K. H. Exercise oncology: prescribing physical activity before and after a cancer diagnosis. **Cham: Springer Nature**, 2020.

THOMAS, R. J.; KENFIELD, S. A.; JIMENEZ, A. Exercise-induced biochemical changes and their potential influence on cancer: a systematic review. **British Journal of Medicine**, v. 51, n.

8, p. 640-44, 2017.

TISDALE, M. J. Mechanisms of cachexia. **Physiology Reviews**, v. 89, p. 381-410, 2009.

TZIKA, E.; DREKER, T.; IMHOFF, A. Epigenetics and metabolism in health and disease. **Frontiers in Genetics**, v. 9, n.p. 2018.

VIKESTAD, V.; DALEN, T. Effect of Strength and Endurance Training Sequence on Endurance Performance. **Sports**, v. 12, n. 8, 2024. doi: 10.3390/sports12080226.

WARBURG, O. On the origin of cancer cells. **Science**, v. 123, n. 3191, p. 309-14, 1956.

ZARONI, R. S. *et al.* High resistance-training frequency enhances muscle thickness in resistance-trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, S140-S151, 2019. Suplemento 1.

ZHANG, L. *et al.* The TLR9 gene polymorphisms and the risk of cancer: evidence from a meta-analysis. **Plos One**, v. 8, n. 8, p. 1-7, 2013.

SEÇÃO III

AS DISFUNÇÕES ORGÂNICAS E INATIVIDADE FÍSICA: NOVAS PERSPECTIVAS

Capítulo 13

LIPEDA: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E POSSÍVEIS INTERVENÇÕES ATRAVÉS DO EXERCÍCIO FÍSICO

VINÍCIUS HUMBERTO SILVA MORALES PINO

WILIAN SANTANA

DIEGO LOVATTO

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Lipedema – principais características

O lipedema foi descrito pela primeira vez em 1940 pelos cirurgiões vasculares Edgar Van Nuys Allen e Edgar Alphonso Hines Jr. Trata-se de uma patologia ainda pouco compreendida, subdiagnosticada e frequentemente confundida com outras doenças, como a obesidade. Na ausência de marcadores validados para diagnóstico e controle do lipedema, sua identificação ocorre de maneira clínica e indireta, levando em consideração a consistência e aparência do tecido adiposo, que possui uma histologia distinta do tecido adiposo subcutâneo comum. As pacientes frequentemente relatam dores nas pernas, assimetria entre tronco e membros inferiores, além de fadiga constante (A. C. M. Amato et al., 2022).

A prevalência do lipedema no cenário mundial permanece incerta. Estima-se que 11% da população feminina sofra de lipedema, embora essa extração não tenha sido baseada em métricas validadas (Földi, 2012). Muitas pacientes diagnosticadas relatam familiares com características semelhantes, sugerindo uma alta incidência familiar (Harwood et al., 1996).

O lipedema é uma patologia complexa e multifatorial. Embora não exista cura, o principal gatilho da doença geralmente está associado a disfunções hormonais, principalmente relacionadas ao estrogênio. O tratamento conservador prioriza a redução de danos e a restauração da qualidade de vida. Alterações genéticas já foram identificadas na literatura, embora não esteja claro se essas alterações estão presentes em todas as pacientes. As evidentes alterações observadas no lipedema podem ser divididas em aspectos histológicos (como aumento dos adipócitos, dilatação capilar na gordura, angiogênese e fibrose), metabólicos (baixos níveis de histidina e fenilalanina, com níveis aumentados de ácido pirúvico), e genéticos (polimorfismo no gene rs1800795, relacionado à IL-6) (Annunziata et al., 2024).

Pacientes com lipedema apresentam grande dificuldade na redução do tecido adiposo característico da doença, mesmo com a adoção de um plano alimentar adequado e prática regular de exercício físico. Esse fator contribui para a alta prevalência de depressão e baixa autoestima nessas mulheres (Dudek et al., 2018). Devido ao aumento excessivo dos membros inferiores e à fraqueza muscular frequentemente associada, muitas pacientes desenvolvem joelho valgo e pisada pronada, condições que influenciam diretamente o padrão de marcha e reduzem drasticamente a qualidade de vida (Esmer et al., 2020).

Fatores metabólicos

As pacientes com lipedema apresentam diferentes padrões de distribuição de tecido adiposo anormal, caracterizado pela doença. Na maioria das pacientes, o maior volume de gordura se concentra no quadril; em outras, o acúmulo ocorre nas pernas e, em uma minoria, apenas nas panturrilhas. A quantidade de tecido adiposo anormal e a gravidade dos sintomas dependem do estágio da doença. Como o lipedema está associado a disfunções hormonais, especialmente de estrogênio, eventos como traumas, problemas pessoais, tratamentos para infertilidade, uso de anticoncepcionais

ou gravidez costumam ser gatilhos para o agravamento dos sintomas e o aumento do volume de tecido adiposo.

Uma pesquisa envolvendo 360 mulheres italianas diagnosticadas com lipedema e em diferentes estágios da doença (1, 2 e 3) demonstrou que os níveis de inflamação sistêmica aumentavam à medida que a doença progredia, sendo monitorados pela Proteína C-reativa. Cerca de 34% das pacientes apresentaram alterações no metabolismo da glicose, e as comorbidades mais comuns incluíram insuficiência de vitamina D, doenças venosas crônicas, dislipidemia, enxaqueca, depressão, tireoidite autoimune crônica e síndrome dos ovários policísticos (Patton et al., 2024a).

O lipedema é frequentemente subdiagnosticado, pois pode ser confundido com obesidade. No entanto, a histologia do tecido adiposo em pacientes com lipedema apresenta diferenças marcantes em comparação com o tecido adiposo subcutâneo comum. Essas pacientes frequentemente apresentam uma expressão anormal de receptores de estrogênio no tecido adiposo, e o ambiente estrogênico alterado favorece o armazenamento de lipídios de forma irregular, resultando no aumento significativo dos adipócitos. O tecido adiposo anormal em pacientes com lipedema parece não responder a dietas com déficit calórico nem à prática de exercícios físicos. Portanto, o IMC pode não ser um parâmetro confiável para o controle da doença, uma vez que o acúmulo desse tipo de tecido adiposo não parece estar diretamente relacionado ao percentual de gordura corporal total. Mesmo em pacientes que não apresentam obesidade, o tecido adiposo dessas mulheres demonstra sinais de inflamação, com infiltração de macrófagos, angiogênese (formação de novos vasos sanguíneos) e fibrose. A presença de estruturas semelhantes a coroas nesse tecido adiposo sugere que ele é metabolicamente disfuncional (Al-Ghadban et al., 2019).

Uma análise metabólica recente (Kempa et al., 2023) investigou 39 marcadores bioquímicos em mulheres com lipedema, comparando dois grupos controle de 25 mulheres obesas e 25 mulheres saudáveis. Nas pacientes com lipedema, foram observados baixos níveis de histidina e fenilalanina e níveis elevados de ácido

pirúvico. A histidina e a fenilalanina são aminoácidos essenciais em diversos processos metabólicos, e as anomalias nesses componentes sugerem alterações no metabolismo proteico, na utilização de aminoácidos, na produção de energia e nos processos de regulação dos neurotransmissores. Esses fatores podem explicar a fadiga constante, ansiedade e depressão frequentemente observadas nessas pacientes.

Alterações genéticas

Na busca por fatores bioquímicos e genéticos que possam ajudar os profissionais da saúde a obter informações sólidas a respeito do quadro do lipedema, encontramos na literatura atual algumas alterações genéticas que oferecem uma possibilidade de compreensão mais ampla para o diagnóstico e tratamento. Em um estudo recente (Kaftali et al., 2023), foram encontradas alterações importantes na enzima AKR1C1 (Aldo-Keto Reductase Family 1 Member C1). A enzima AKR1C1 possui funções importantes na metabolização da progesterona e de outros esteroides, como os neuroesteroides. Isso inclui a conversão de compostos como a alopregnanolona, que tem efeitos neuroprotetores e está envolvida na modulação de estados de ansiedade e percepção de dor (Michelini et al., 2020). Outra função interessante desta enzima é a distribuição da gordura subcutânea; a atividade da AKR1C1 na inativação de progesterona em tecidos adiposos subcutâneos pode influenciar o acúmulo de gordura. A diminuição da atividade dessa enzima pode levar ao aumento da lipogênese e ao acúmulo de gordura, como observado em condições como o lipedema.

Outra associação relevante foi encontrada, mencionando um polimorfismo no gene IL-6 (rs1800795). O polimorfismo deste gene interfere diretamente na produção da IL-6, e essa citocina possui propriedades pro-inflamatórias ligadas também ao sistema imune. Esse polimorfismo envolve uma substituição de bases no gene (G/C), que pode afetar a quantidade de IL-6 produzida. Em um estudo (Di Renzo et al., 2020), cujo objetivo era identificar o

papel do polimorfismo do gene IL-6, os pesquisadores coletaram dados de 45 mulheres com lipedema e 50 mulheres saudáveis (grupo controle). Foram realizadas medidas antropométricas (peso, altura, IMC, circunferências) e composição corporal (massa gorda e massa magra) por meio de DEXA. Amostras de saliva foram usadas para testes genéticos do gene IL-6. A análise genética revelou que ser portador da mutação aumenta o risco de desenvolver lipedema em 5,92 vezes. O polimorfismo no gene IL-6 (rs1800795) também parece ser responsável por um maior aumento do risco de problemas cardiovasculares, em cerca de 1,10 a 1,50 vezes, principalmente devido ao aumento da expressão da citocina pró-inflamatória IL-6 (González-Castro et al., 2019).

Fatores psicossociais

O quadro do lipedema é ainda pouco conhecido e, devido à escassez de estudos, a falta de diretrizes confiáveis para o tratamento acaba prejudicando as pacientes. O diagnóstico atual é realizado clinicamente, e as recomendações propostas pelos médicos (endocrinologistas, dermatologistas, cirurgiões vasculares, ginecologistas) são, muitas vezes, generalizadas, o que pode não atender adequadamente às necessidades das pacientes (Paula & Oliveira, 2024).

A aparência física do lipedema, especialmente em estágios mais avançados, provoca constrangimento e afeta a qualidade de vida das pacientes. Além disso, os sintomas associados, como dor, fraqueza e mobilidade reduzida, intensificam o sofrimento emocional. Esses fatores, somados à falta de conhecimento adequado sobre a doença por parte dos profissionais de saúde, contribuem significativamente para o aumento dos níveis de ansiedade, depressão e insatisfação com a aparência (Dudek et al., 2021).

A lipoaspiração direcionada para pacientes com lipedema é, atualmente, uma das poucas intervenções que se mostra eficaz na redução da dor e na melhora da mobilidade. No entanto, o

custo desse procedimento ainda é elevado, o que o torna inacessível para muitas pacientes. A cirurgia, além de melhorar a qualidade de vida das pacientes ao permitir um aumento nos níveis de atividade física, também pode ajudar a restaurar a autoestima (Aitzetmüller-Klietz et al., 2023).

Alterações nos padrões de movimento

As pacientes com lipedema, quase em sua totalidade, apresentam desalinhamentos em estruturas articulares, como os cotovelos, joelhos e tornozelos. Os cotovelos e joelhos normalmente estão em valgo, aumentando o risco de epicondilite lateral e medial, além de osteoartrite nos joelhos. Como consequência do posicionamento dos joelhos, essas pacientes também apresentam um quadro de pisada pronada, aumentando, dessa forma, o risco potencial de lesões (Forner-Cordero et al., 2021). O acúmulo de volume nos membros inferiores ocorre de forma proporcional ao avanço da patologia; somando-se esse fator às outras alterações articulares, observamos uma grande redução da mobilidade demonstrada pelas pacientes.

Há também uma grande prevalência de manifestação do quadro de insuficiência venosa, caracterizada como uma condição em que as veias das pernas têm dificuldade em devolver o sangue ao coração de forma eficiente. Isso ocorre porque as válvulas que normalmente impedem o refluxo do sangue ficam enfraquecidas ou danificadas. No contexto do lipedema, a insuficiência venosa pode agravar os sintomas e complicar o quadro clínico. O acúmulo de sangue resultante da insuficiência leva a uma sensação de peso, cansaço e inchaço nas extremidades inferiores, o que pode agravar o desconforto e a dor já presentes. As pacientes com lipedema frequentemente relatam um quadro de inchaço e retenção de líquidos, que parece piorar em diferentes momentos do dia, decorrentes da insuficiência venosa. A insuficiência venosa contribui para o aumento do acúmulo de fluido nas pernas, especialmente ao final do dia ou após longos períodos de permanência em pé ou

sentadas. Esse inchaço pode ser persistente e aumentar a sensação de desconforto, além de interferir na mobilidade e na qualidade de vida (Ekti et al., 2024).

Possíveis intervenções através do exercício físico

A literatura atual carece de ensaios clínicos, que forneçam insights necessários para a elaboração de diretrizes específicas para a intervenção com exercício físico, nas mulheres com lipedema. A reflexão sobre os mecanismos da doença e manifestações de sintomas se faz necessária, para que estratégias de manejo dos sintomas possam ser elaboradas e aplicadas com base em um raciocínio estruturado. As pacientes com lipedema possuem de forma geral, um quadro de disfunção na produção estrogênica, o que gera uma série de problemas crônicos que são agravados ao decorrer da evolução da doença.

Um desses problemas é o acúmulo de tecido adiposo nos membros inferiores, de maneira desproporcional, em relação ao tronco. A desproporção causada pela disfunção hormonal, em longo prazo, pode ser responsável pela diminuição da densidade mineral óssea, que depende de maneira direta da produção adequada dos hormônios femininos. Em um estudo comparativo (Van Esch-Smeenge et al., 2017) que analisou o padrão de caminhada e força do quadríceps em mulheres com lipedema e mulheres com obesidade, concluiu que independente do peso corporal, as mulheres com lipedema apresentavam nível de força nos membros inferiores reduzido de forma significativa, em comparação com mulheres obesas.

As queixas recorrentes de fraqueza muscular, inchaço, dificuldade de locomoção, dores articulares, alterações nos padrões de movimento que acentuam a diminuição da mobilidade, somados aos problemas psicológicos decorrentes de forma indireta dos sintomas (Al-Wardat et al., 2022), e talvez, somados aos fatores hormonais e metabólicos em desajuste; acarretem no longo prazo em possíveis quadros de: Osteopenia, osteoporose, depressão,

trombose, fraturas, etc (Clarke et al., 2023). A prática regular do exercício físico, com níveis de intensidade moderada-intensa, demonstra na literatura atual grande eficiência do manejo de sintomas, nas mais variadas patologias, principalmente na saúde da mulher pós-menopausa.

Inserir as pacientes com lipedema em um programa de exercícios físicos estruturado, aparentemente, pode auxiliar de forma eficiente na redução dos sintomas apresentados pelas mulheres com lipedema, colaborando de forma positiva na redução de fatores inflamatórios (Fator de necrose tumoral, IL-6, resistina) (Paolucci et al., 2018), reduzindo os sintomas de depressão, ansiedade e disfunções cognitivas, atuando como fator protetor na redução do risco cardiovascular e diminuição da retenção de fluidos nos membros inferiores, restabelecendo os padrões de movimento através do treinamento de força, reduzindo os riscos de osteoartrite e fraturas com o aumento da densidade óssea, aumentando assim, os níveis de atividades da vida diária e proporcionalmente, a qualidade de vida (Kim et al., 2022).

Treinamento de força como ferramenta potencial no tratamento da osteoartrite em pacientes com lipedema

A osteoartrite pode ser definida como um processo de degeneração articular que pressupõe um quadro de anormalidade na cartilagem hialina articular, o grau e intensidade dos sintomas possui grande variação, assim como, o nível de comprometimento funcional ocasionado por esta patologia. A osteoartrite é mais comum em pessoas com mais de 50 anos, causando dor, rigidez e comprometimento funcional nas articulações afetadas (Pinto et al., 2011). O processo degenerativo da cartilagem articular pode ser primário, sem causa definida, ou secundário a fatores como genética, idade, sexo, etnia, obesidade, atividades profissionais e alterações biomecânicas.

É a doença articular mais frequente, com prevalência que aumenta com a idade. Ela afeta mais de 75% das pessoas com mais

de 65 anos, e cerca de 10% dos indivíduos acima de 60 anos sofrem limitações físicas por causa da osteoartrite. Após os 50 anos, ela é mais comum em mulheres, especialmente nas mãos, joelhos e pés. No Brasil, a prevalência chega a 6,3% da população adulta (Long et al., 2022).

O envelhecimento favorece a osteoartrite, pois com o tempo, os mecanismos que protegem as articulações se desgastam. Os condrócitos, células responsáveis pela manutenção da cartilagem, perdem a capacidade de responder aos fatores de crescimento. Além disso, há um acúmulo de produtos de degradação da cartilagem que dificultam sua reparação. Outros fatores incluem a propriocepção prejudicada, devido à perda de força muscular e à resposta mais lenta dos estímulos neurológicos, além de cartilagem mais fina e propensa a microfraturas, acelerando a degeneração articular (Hawker & King, 2022).

Alterações na biomecânica das articulações, como fruidão ligamentar, displasia, instabilidade e problemas de inervação ou força muscular inadequada, também contribuem para o surgimento da osteoartrite. A carga sobre a articulação, em níveis moderados, pode ser benéfica, pois estimula a síntese de proteoglicanos e fortalece a cartilagem. No entanto, quando essa carga é excessiva e contínua, ela inibe o metabolismo da cartilagem, suprimindo a síntese de proteoglicanos e favorecendo o dano tecidual.

A evolução da osteoartrite depende de inúmeros fatores. No entanto, a literatura nos aponta que a fraqueza do músculo quadríceps é um dos principais fatores predisponentes (Segal et al., 2010), a musculatura do quadríceps femoral é responsável pelo movimento de extensão dos joelhos, portanto, é evidente a importância da manutenção da força muscular nesse grupo, e, em outros diretamente envolvidos na realização da marcha. Essa fraqueza está associada a um maior risco de desenvolvimento de diminuição do espaço intra-articular total e tibiofemoral em mulheres. A boa notícia é que esses fatores, aparentemente, podem ser modificados de maneira significativa através da implementação de uma rotina de exercícios físicos bem estruturada e frequente.

(Mikesky et al., 2006).

Uma das abordagens mais eficazes para a redução da dor e, ao mesmo tempo, segura em diversos níveis de intensidade é o treinamento de força (Lange et al., 2008). O exercício físico, de forma geral, promove o aumento da amplitude de movimento em indivíduos acometidos pela osteoartrite, além de melhorar significativamente a fraqueza muscular, os déficits de propriocepção e a falta de equilíbrio.

Um fator que pode se tornar um obstáculo na prática do treino de força para indivíduos com osteoartrite é a limitação na produção de força, decorrente das dores que são frequentemente relatadas. Pensando nisso, um estudo interessante de Jan et al., 2008, demonstrou que, independentemente do uso de intensidades elevadas (60% de 1RM) ou baixas (10% de 1RM), com o volume de trabalho equalizado, ambos os grupos reduziram significativamente as dores e aumentaram seus níveis de funcionalidade.

Sugestão de sessão de treino de força para membros inferiores (obs - a sessão de treino deve ser adaptada de forma individualizada):

Exercício	Equipamento	Séries	Repetições/ Intensidade	Observações
Agachamento com amplitude reduzida	Com halter ou peso corporal	2-3	8-20 RM (Iniciar com 50 – 60% de 1 RM e progredir conforme a adaptação para 70 – 80% de 1 RM)	Realizar o agachamento até 45 graus de flexão, ou se sentando em um banco, aumentar a amplitude do movimento de acordo com a adaptação
Leg press 45° com amplitude reduzida	Máquina	2-3	8-20 RM (Iniciar com 50 – 60% de 1 RM e progredir conforme a adaptação para 70 – 80% de 1 RM)	Flexão limitada para evitar sobrecarga no joelho; progressão de amplitude de acordo com a adaptação

Cadeira extensora	Máquina	2-3	8-20 RM (Iniciar com 50 – 60% de 1 RM e progredir conforme a adaptação para 70 – 80% de 1 RM)	Execução lenta e controlada, ajustando a carga conforme a tolerância.
Elevação de quadril	Máquina ou com halter	2-3	8-20 RM (Iniciar com 50 – 60% de 1 RM e progredir conforme a adaptação para 70 – 80% de 1 RM)	Máxima amplitude, atenção ao padrão do movimento
Abdução de quadril	Máquina ou caneleira/ elástico	2-3	8-20 RM (Iniciar com 50 – 60% de 1 RM e progredir conforme a adaptação para 70 – 80% de 1 RM)	Máxima amplitude, atenção ao padrão do movimento

Fonte: (Lange et al., 2008)

Estratégias nutricionais no manejo da inflamação sistêmica

Os níveis de inflamação sistêmica decorrentes do lipedema, parecem aumentar em paralelo com a progressão do quadro, que se torna visivelmente exacerbado, por conta do grande volume de tecido adiposo nos membros inferiores. O relato frequente de dores e de sensibilidade aumentada é outro fator de preocupação. No estudo de Patton et al., 2024 foram coletados dados de 360 mulheres com lipedema em diferentes estágios da doença (1, 2 e 3); nesses dados constavam marcadores bioquímicos, clínicos e

hormonais. Cerca de 34% das pacientes apresentaram alterações no metabolismo da glicose, e as comorbidades mais comuns incluíram insuficiência de vitamina D, doenças venosas crônicas, dislipidemia, enxaqueca, depressão, tireoidite autoimune crônica e síndrome dos ovários policísticos. Os níveis de proteína C-reativa (PCR) foram mais elevados nos estágios clínicos mais avançados, sugerindo uma maior inflamação sistêmica.

O manejo do lipedema por meio de estratégias nutricionais tem mostrado grande potencial no alívio dos sintomas dessa condição complexa, que afeta principalmente mulheres. Três abordagens dietéticas principais têm se destacado na literatura: a dieta mediterrânea modificada, a dieta cetogênica e a dieta livre de glúten. Embora cada uma dessas intervenções tenha mecanismos únicos, elas compartilham o objetivo de reduzir a inflamação, controlar o peso e melhorar a qualidade de vida das pacientes com lipedema.

A dieta mediterrânea modificada, baseia-se nos princípios tradicionais da dieta mediterrânea, rica em frutas, vegetais, grãos integrais, azeite de oliva e peixes ricos em ômega-3. Essa abordagem destaca-se por seu efeito anti-inflamatório e antioxidante, essencial no combate à inflamação sistêmica que caracteriza o lipedema (Di Renzo et al., 2021). Pacientes que seguem essa dieta observam uma redução na massa gorda, especialmente nos membros superiores e inferiores, além de melhora na função linfática, o que contribui para a redução do edema e da dor. Ao promover o consumo de alimentos ricos em polifenóis, como azeite de oliva e frutos oleaginosos, essa dieta também atua na modulação do estresse oxidativo, um dos principais fatores na progressão do lipedema. Com a inclusão de ácidos graxos essenciais e a redução de alimentos processados e ricos em gorduras saturadas, a dieta do mediterrâneo auxilia na manutenção da massa magra, fator crucial para preservar a funcionalidade física e a mobilidade das pacientes.

Por outro lado, a dieta cetogênica, caracterizada pela alta ingestão de gorduras e baixo consumo de carboidratos, tem mostrado resultados promissores na redução do peso corporal e do

índice de massa corporal (IMC) em mulheres com lipedema (A. C. M. Amato et al., 2024). A cetose, estado metabólico induzido por essa dieta, permite que o corpo utilize gordura como principal fonte de energia, o que é especialmente útil para pacientes com lipedema, cujo tecido adiposo é resistente à perda de gordura com intervenções tradicionais. Além da perda de peso, a dieta cetogênica tem demonstrado uma diminuição significativa nas circunferências da cintura e do quadril, além de reduzir a sensibilidade à dor, um sintoma debilitante comum nessas pacientes. A redução da inflamação sistêmica também é um ponto forte da cetogênica, pois ela diminui a produção de citocinas pró-inflamatórias, como o TNF- α e a IL-6, que estão diretamente envolvidas no agravamento da doença.

A terceira abordagem, a dieta livre de glúten, surge como uma solução especialmente relevante para pacientes com lipedema que possuem predisposição genética para a intolerância ao glúten, como indicado pela presença dos抗ígenos HLA-DQ2 e HLA-DQ8. Um estudo de (A. C. Amato et al., 2023) demonstrou que uma proporção significativa dessas pacientes tem esses marcadores genéticos, que estão associados a respostas inflamatórias exacerbadas ao consumo de glúten. Ao eliminar essa proteína da dieta, há uma diminuição dos níveis de inflamação e uma melhora significativa na dor e na sensibilidade ao toque, sintomas típicos do lipedema. A dieta sem glúten também melhora a permeabilidade intestinal, evitando a translocação de lipopolissacarídeos para a corrente sanguínea, o que poderia agravar a inflamação sistêmica e os sintomas do lipedema.

Essas três abordagens, quando combinadas ou adaptadas às necessidades individuais das pacientes, oferecem um caminho robusto e eficaz para o manejo do lipedema. A dieta mediterrânea modificada proporciona uma base rica em antioxidantes e anti-inflamatórios, que protege a função linfática e reduz o estresse oxidativo. A dieta cetogênica oferece uma solução potente para a perda de peso e o controle da dor, além de ser altamente eficaz na mobilização de gordura resistente. Por fim, a dieta livre de glúten

complementa esse arsenal, atuando diretamente na inflamação mediada pela dieta, especialmente em pacientes geneticamente predispostas. Juntas, essas estratégias nutricionais formam uma abordagem integrada e multidimensional para o tratamento do lipedema, promovendo não apenas a redução dos sintomas, mas também uma melhora significativa na qualidade de vida das pacientes.

Referências

- Aitzetmüller-Klietz, M. L., Busch, L., Hamatschek, M., Paul, M., Schriek, C., Wiebringhaus, P., Aitzetmüller-Klietz, M., Kückelhaus, M., & Hirsch, T. (2023). Understanding the Vicious Circle of Pain, Physical Activity, and Mental Health in Lipedema Patients—A Response Surface Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/jcm12165319>
- Al-Ghadban, S., Cromer, W., Allen, M., Ussery, C., Badowski, M., Harris, D., & Herbst, K. L. (2019). Dilated Blood and Lymphatic Microvessels, Angiogenesis, Increased Macrophages, and Adipocyte Hypertrophy in Lipedema Thigh Skin and Fat Tissue. *Journal of Obesity*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8747461>
- Al-Wardat, M., Clarke, C., Alwardat, N., Kassab, M., Salimei, C., Gualtieri, P., Marchetti, M., Best, T., & Di Renzo, L. (2022). The Difficulties in Emotional Regulation among a Cohort of Females with Lipedema. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013679>
- Amato, A. C., Amato, L. L., Benitti, D., & Amato, J. L. (2023). Assessing the Prevalence of HLA-DQ2 and HLA-DQ8 in Lipedema Patients and the Potential Benefits of a Gluten-Free Diet. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.41594>
- Amato, A. C. M., Amato, F. C. M., Amato, J. L. S., & Benitti, D. A. (2022). Prevalência e fatores de risco para lipedema no Brasil.

Jornal Vascular Brasileiro, 21. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.202101981>

Amato, A. C. M., Amato, J. L. S., & Benitti, D. A. (2024). The Efficacy of Ketogenic Diets (Low Carbohydrate; High Fat) as a Potential Nutritional Intervention for Lipedema: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, 16(19), 3276. <https://doi.org/10.3390/nu16193276>

Annunziata, G., Paoli, A., Manzi, V., Camajani, E., Laterza, F., Verde, L., Capó, X., Padua, E., Bianco, A., Carraro, A., Di Baldassarre, A., Guidetti, L., Marcora, S. M., Orrù, S., Tessitore, A., Di Mitri, R., Auletta, L., Piantadosi, A., Bellisi, M., ...

Barrea, L. (2024). The Role of Physical Exercise as a Therapeutic Tool to Improve Lipedema: A Consensus Statement from the Italian Society of Motor and Sports Sciences (Società Italiana di Scienze Motorie e Sportive, SISMES) and the Italian Society of Phlebology (Società Italiana di Flebologia, SIF). **Current Obesity Reports**. <https://doi.org/10.1007/s13679-024-00579-8>

Clarke, C., Kirby, J. N., Smidt, T., & Best, T. (2023). Stages of lipoedema: experiences of physical and mental health and health care. **Quality of Life Research**, 32(1), 127–137. <https://doi.org/10.1007/s11136-022-03216-w>

Di Renzo, L., Cinelli, G., Romano, L., Zomparelli, S., Lou De Santis, G., Nocerino, P., Bigioni, G., Arsini, L., Cennane, G., Pujia, A., Chiricolo, G., & De Lorenzo, A. (2021). Potential Effects of a Modified Mediterranean Diet on Body Composition in Lipoedema. **Nutrients**, 13(2), 358. <https://doi.org/10.3390/nu13020358>

Di Renzo, L., Gualtieri, P., Alwardat, N., De Santis, G., Zomparelli, S., Romano, L., Marchetti, M., Michelin, S., Capacci, A., Piccioni, A., Costacurta, M., Tarsitano, M. G., Franceschi, F., & Merra, G. (2020). The role of IL-6 gene polymorphisms in the risk of lipedema. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, 24(6), 3236–3244. https://doi.org/10.26355/eurrev_202003_20690

Dudek, J. E., Białaszek, W., & Gabriel, M. (2021). Quality of life, its factors, and sociodemographic characteristics of Polish women with lipedema. *BMC Women's Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12905-021-01174-y>

Dudek, J. E., Białaszek, W., Ostaszewski, P., & Smidt, T. (2018). Depression and appearance-related distress in functioning with lipedema. *Psychology, Health & Medicine*, 23(7), 846–853. <https://doi.org/10.1080/13548506.2018.1459750>

Ekti, H., Toktas, H., Yesil, H., & Kaya, F. (2024). Assessment of lower extremity venous insufficiency and lipedema and their association with knee symptoms, functions, and quality of life in patients with knee osteoarthritis. *Phlebology: The Journal of Venous Disease*, 39(4), 251–258. <https://doi.org/10.1177/02683555231221615>

Esmer, M., Schingale, F. J., Unal, D., Yazıcı, M. V., & Güzel, N. A. (2020). Physiotherapy and rehabilitation applications in lipedema management: A literature review. *Lymphology*, 53(2), 88–95.

Földi, M. F. E. S. R. K. S. (2012). *Földi's Textbook of Lymphology: for Physicians and Lymphedema Therapists* (3rd ed.). Urban & Fischer.

Forner-Cordero, I., Perez-Pomares, M. V., Forner, A., Ponce-Garrido, A. B., & Munoz-Langa, J. (2021). Prevalence of clinical manifestations and orthopedic alterations in patients with lipedema: A prospective cohort study. *Lymphology*, 54(4), 170–181.

González-Castro, T. B., Hernández-Díaz, Y., Pérez-Hernández, N., Tovilla-Zárate, C. A., Juárez-Rojop, I. E., López-Narvaez, M. L., Blachman-Braun, R., Posadas-Sánchez, R., Vargas-Alarcón, G., García-Flores, E., Cazarín-Santos, B. G., Borgonio-Cuadra, V. M., Reyes-López, P. A., & Rodríguez-Pérez, J. M. (2019). Interleukin 6 (RS1800795) gene polymorphism is associated with cardiovascular diseases: A meta-analysis of 74 studies with 86,229 subjects. *EXCLI Journal*, 18, 331–355. <https://doi.org/10.26517/excli2019-1010>

[org/10.17179/excli2019-1248](https://doi.org/10.17179/excli2019-1248)

HARWOOD, C. A., BULL, R. H., EVANS, J., & MORTIMER, P. S. (1996). Lymphatic and venous function in lipedema. **British Journal of Dermatology**, 134(1), 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1996.tb07831.x>

Hawker, G. A., & King, L. K. (2022). The Burden of Osteoarthritis in Older Adults. **Clinics in Geriatric Medicine**, 38(2), 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2021.11.005>

Jan, M.-H., Lin, J.-J., Liau, J.-J., Lin, Y.-F., & Lin, D.-H. (2008). Investigation of Clinical Effects of High- and Low-Resistance Training for Patients With Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. **Physical Therapy**, 88(4), 427–436. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060300>

Kaftalli, J., Bonetti, G., Marceddu, G., Dhuli, K., Maltese, P. E., Donato, K., Herbst, K. L., Michelini, S., Chiurazzi, P., Hill, M., Michelini, S., Michelini, S., Bernini, A., & Bertelli, M. (2023). AKR1C1 and hormone metabolism in lipedema pathogenesis: a computational biology approach. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, 27(6 Suppl), 137–147. https://doi.org/10.26355/eurrev_202312_34698

Kempa, S., Buechler, C., Föh, B., Felthaus, O., Prantl, L., Günther, U. L., Müller, M., Derer-Petersen, S., Sina, C., Schmelter, F., & Tews, H. C. (2023). Serum Metabolomic Profiling of Patients with Lipedema. **International Journal of Molecular Sciences**, 24(24). <https://doi.org/10.3390/ijms242417437>

Kim, S.-W., Park, H.-Y., Jung, W.-S., & Lim, K. (2022). Effects of Twenty-Four Weeks of Resistance Exercise Training on Body Composition, Bone Mineral Density, Functional Fitness and Isokinetic Muscle Strength in Obese Older Women: A Randomized Controlled Trial. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(21), 14554. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114554>

Lange, A. K., Vanwanseele, B., & Fiatarone Singh, M. A. (2008). Strength training for treatment of osteoarthritis of the knee: A systematic review. *Arthritis Care & Research*, 59(10), 1488–1494. <https://doi.org/10.1002/art.24118>

Long, H., Liu, Q., Yin, H., Wang, K., Diao, N., Zhang, Y., Lin, J., & Guo, A. (2022). Prevalence Trends of Site-Specific Osteoarthritis From 1990 to 2019: Findings From the Global Burden of Disease Study 2019. *Arthritis and Rheumatology*, 74(7), 1172–1183. <https://doi.org/10.1002/art.42089>

Michelini, S., Chiurazzi, P., Marino, V., Dell'Orco, D., Manara, E., Baglivo, M., Fiorentino, A., Maltese, P. E., Pinelli, M., Herbst, K. L., Dautaj, A., & Bertelli, M. (2020). Aldo-Keto Reductase 1C1 (AKR1C1) as the First Mutated Gene in a Family with Nonsyndromic Primary Lipedema. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(17). <https://doi.org/10.3390/ijms21176264>

Mikesky, A. E., Mazzuca, S. A., Brandt, K. D., Perkins, S. M., Damush, T., & Lane, K. A. (2006). Effects of strength training on the incidence and progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Care & Research*, 55(5), 690–699. <https://doi.org/10.1002/art.22245>

Paolucci, E. M., Loukov, D., Bowdish, D. M. E., & Heisz, J. J. (2018). Exercise reduces depression and inflammation but intensity matters. *Biological Psychology*, 133, 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2018.01.015>

Patton, L., Ricolfi, L., Bortolon, M., Gabriele, G., Zolesio, P., Cione, E., & Cannataro, R. (2024a). Observational Study on a Large Italian Population with Lipedema: Biochemical and Hormonal Profile, Anatomical and Clinical Evaluation, Self-Reported History. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3). <https://doi.org/10.3390/ijms25031599>

Patton, L., Ricolfi, L., Bortolon, M., Gabriele, G., Zolesio, P., Cione, E., & Cannataro, R. (2024b). Observational Study on a Large Italian Population with Lipedema: Biochemical and

Hormonal Profile, Anatomical and Clinical Evaluation, Self-Reported History. **International Journal of Molecular Sciences**, 25(3). <https://doi.org/10.3390/ijms25031599>

Paula, A. C. P. de, & Oliveira, J. de. (2024). Lipedema: clinical characteristics, complications, and the importance of evidence-based practice. In **Revista da Associacao Medica Brasileira (1992)** (Vol. 70, Issue 9, p. e20240801). <https://doi.org/10.1590/1806-9282.20240801>

PINTO, Ana Lúcia de Sá; GUALANO, Bruno; LIMA, Fernanda Rodrigues; ROSCHEK, Hamilton. **Exercício físico nas doenças reumáticas**. 1. ed. São Paulo: Sarvier, 2011.

Segal, N. A., Glass, N. A., Torner, J., Yang, M., Felson, D. T., Sharma, L., Nevitt, M., & Lewis, C. E. (2010). Quadriceps weakness predicts risk for knee joint space narrowing in women in the MOST cohort. **Osteoarthritis and Cartilage**, 18(6), 769–775. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2010.02.002>

Van Esch-Smeenge, J., Damstra, R. J., & Hendrickx, A. A. (2017). Case report Muscle strength and functional exercise capacity in patients with lipoedema and obesity: a comparative study. In **Journal of Lymphoedema** (Vol. 12, Issue 1).

Capítulo 14

A FIBROMIALGIA E SUAS COMPLEXIDADES: O PAPEL DO EXERCÍCIO E DA NUTRIÇÃO

VINÍCIUS HUMBERTO SILVA MORALES PINO
DIEGO SANTIAGO
GABRIELLA PEIXOTO RAMOS
AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

Fibromialgia: definição, história e sintomas

A fibromialgia (FM) é uma síndrome reumática de origem idiopática, caracterizada por dor musculoesquelética crônica e difusa, localizada em pontos dolorosos específicos, chamados *tender points*, sensíveis à palpação (Medeiros et al., 2010). Afeta entre 5% e 7% da população mundial, predominando em mulheres (80% a 90%), especialmente entre 25 e 65 anos (Wolfe et al., 1995; Braz et al., 2022).

O termo “fibromialgia” foi introduzido em 1977 por Smythe e Moldofsky, substituindo “fibrosite”. Os autores observaram que a doença envolve sensibilidade aumentada nos tecidos moles e perturbações no sono, especialmente na fase 4 do sono não REM. Estudos com indivíduos privados de sono mostraram sintomas semelhantes aos da fibromialgia (Smythe & Moldofsky, 1977-1978).

A fibromialgia está associada à hiperatividade do sistema nervoso simpático, responsável pela produção de adrenalina, cortisol e noradrenalina. Essa hiperatividade causa uma série de sintomas, incluindo tensão muscular, fadiga crônica, aumento da

frequência cardíaca, parestesias, síndrome do intestino irritável, cefaleia tensional, ansiedade e, frequentemente, depressão. Estima-se que o custo anual para cada paciente seja de aproximadamente US\$ 4 mil, considerando sistemas de saúde públicos. Em média, 10% a 20% das mulheres afetadas não conseguem manter seus empregos, o que impacta significativamente sua qualidade de vida (Lavín, 2013; Mease et al., 2008).

O diagnóstico da fibromialgia é complexo, sendo essencialmente clínico, pois não existem marcadores laboratoriais específicos. Não há inflamações detectáveis nos exames de sangue, o que torna o diagnóstico muitas vezes confuso tanto para médicas quanto para pacientes (Braz et al., 2022).

Disfunção do sistema nervoso autônomo na fibromialgia

A disfunção autonômica refere-se a alterações na função do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), que regula funções involuntárias do corpo, como a frequência cardíaca e a digestão. Essas disfunções podem manifestar-se de forma aguda, crônica ou progressiva, e podem ser classificadas como primárias (de causa desconhecida) ou secundárias (como resultado de patologias que afetam os nervos autonômicos). As alterações podem ocorrer nos nervos pré-ganglionares, a nível central, ou nos nervos ganglionares e pós-ganglionares, a nível periférico (Goldstein, 2002).

Pacientes com fibromialgia apresentam frequentemente uma disfunção no ritmo circadiano, o que as mantém em um estado constante de hiperativação do sistema nervoso simpático e supressão do sistema nervoso parassimpático. Esse desequilíbrio resulta em fadiga constante, tensão muscular e sono não reparador (Kingsley, 2012).

Em um estudo que avaliou o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), pacientes com fibromialgia demonstraram incompetência cronotrópica (IC) e hipoatividade simpática durante o exercício físico. A IC está associada a um maior risco de

mortalidade por doenças coronarianas (Ribeiro et al., 2011).

Outras queixas frequentes de pacientes com fibromialgia incluem tontura, cefaleia e falta de equilíbrio, sintomas mais comuns ao acordar, caracterizando a hipotensão ortostática associada à hiporreatividade postural. Essas pacientes também apresentam uma resposta inadequada do sistema nervoso autônomo quando submetidas a estímulos que demandam uma boa resposta do sistema vestibular. Um exemplo é o movimento utilizado no “tilt table test”, que avalia se a paciente experimenta tonturas ou outros sintomas ao se levantar bruscamente. Esse teste é comumente utilizado em pacientes que apresentam fadiga crônica e tontura excessiva (Silver & Wallace, 2002).

Dor e fadiga

A dor e a fadiga são sintomas centrais na fibromialgia, tornando-se desafios permanentes no manejo clínico. A dor é caracterizada por sua natureza crônica, difusa e imprevisível, afetando múltiplos sistemas do corpo, incluindo músculos, tendões e ligamentos. Muitas pacientes relatam que o início da dor está frequentemente associado a eventos traumáticos, sejam eles físicos ou emocionais. Buskila et al. (1997) sugerem que lesões como o “efeito chicote”, comuns em acidentes automobilísticos, podem precipitar o desenvolvimento da fibromialgia em longo prazo.

As características da dor na fibromialgia são descritas como um aumento da sensibilidade aos estímulos dolorosos, fenômeno conhecido como sensibilização central. Nessa condição, a percepção da dor é exacerbada por uma combinação de fatores neuroquímicos, incluindo a produção excessiva de substâncias como a substância P e o glutamato, que amplificam os sinais de dor transmitidos ao cérebro. Ao mesmo tempo, as pacientes apresentam uma deficiência nos mecanismos naturais de analgesia, devido à modulação inadequada dos receptores opioides no sistema nervoso central. Bradley (2009) destaca que esse desequilíbrio contribui para uma resposta analgésica endógena reduzida, resultando em

uma experiência de dor crônica e persistente.

A desregulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, responsável pela liberação de cortisol em resposta ao estresse, também foi identificada em pacientes com fibromialgia. Essa disfunção contribui para o agravamento dos sintomas, dificultando a capacidade de recuperação física e emocional. Além disso, o estresse oxidativo, caracterizado pela produção elevada de radicais livres e peroxidação lipídica, pode estar diretamente relacionado à fadiga crônica, exacerbando a sensação de esgotamento físico e mental nessas pacientes (Assavarittirong et al., 2022).

A fadiga, por sua vez, é descrita como um cansaço debilitante que não melhora com o descanso, comparável à síndrome da fadiga crônica. Essa condição impede que as pacientes realizem tarefas cotidianas, compromete a qualidade do sono e reduz significativamente sua capacidade de engajamento em atividades sociais e profissionais. Ao lidar com essa combinação de dor crônica e fadiga, as abordagens terapêuticas precisam ser multidimensionais, visando o alívio dos sintomas e a restauração da funcionalidade.

Disfunções cognitivas, ansiedade e depressão

As pacientes com fibromialgia também enfrentam desafios no campo cognitivo e psicológico, o que agrava a complexidade do manejo clínico da doença. Disfunções cognitivas, como lapsos de memória, dificuldade de concentração e um quadro mental nebuloso, comumente referido como “fibrofog”, são relatadas de maneira recorrente. Glass (2008) descreve que essas mulheres têm desempenho inferior em testes de memória e atenção, comparado a indivíduos saudáveis, especialmente em situações que exigem foco contínuo ou multitarefa.

O “fibrofog” pode ser causado por múltiplos fatores, incluindo a privação de sono de qualidade, fadiga crônica e altos níveis de estresse. A interação entre esses fatores parece intensificar o impacto cognitivo da fibromialgia. Fonseca et al. (2023) apontam

que a catastrofização e a ruminação são fatores psicológicos que amplificam os déficits cognitivos e aumentam a percepção de dor. Esse ciclo de negatividade mental, dor física e disfunções cognitivas resulta em uma sobrecarga emocional que frequentemente leva ao desenvolvimento de ansiedade e depressão.

Outro fator que exacerba esses sintomas é a presença de inflamação sistêmica. Os níveis elevados de citocinas pró-inflamatórias, como a interleucina-6 (IL-6) e o fator de necrose tumoral-alfa (TNF- α), contribuem não apenas para a dor física, mas também para o agravamento dos sintomas psicológicos, como a depressão. Nugraha et al. (2013) confirmam que essas citocinas desempenham um papel central na piora da saúde mental das pacientes com fibromialgia, sugerindo uma relação entre inflamação e transtornos emocionais.

Fatores genéticos e epigenéticos na fibromialgia

A predisposição genética desempenha um papel central no desenvolvimento da fibromialgia, especialmente na amplificação da sensibilidade à dor e na modulação da percepção dolorosa. Russell et al. (1994) afirmam que a substância P, um neuropeptídeo associado à amplificação dos sinais de dor, é encontrada em concentrações elevadas no líquido cefalorraquidiano de mulheres com fibromialgia. Esse aumento acentuado intensifica a transmissão dos sinais de dor no sistema nervoso central, explicando a sensibilidade exacerbada dessas pacientes a estímulos que, normalmente, não seriam considerados dolorosos.

Além disso, o excesso de neurotransmissores excitatórios, como glutamato e aspartato, intensifica a cronificação da dor, criando um estado de hipersensibilidade central. As mutações nos canais de sódio dependentes de voltagem, como o canal Nav 1.7, foram identificadas como responsáveis por intensificar ainda mais os estímulos dolorosos, visto que regulam a transmissão dos impulsos nervosos relacionados à dor. Em pacientes com fibromialgia, esses canais apresentam disfunções que aumentam a reatividade das vias

nervosas envolvidas na nocicepção. Da mesma forma, os canais de cálcio dependentes de voltagem também intensificam a percepção de dor, contribuindo para uma maior sensibilização dos neurônios sensitivos.

No campo da epigenética, Martinez-Lavin e Solano (2009) explicam que traumas físicos ou emocionais podem alterar a expressão dos genes responsáveis pela resposta ao estresse e à dor, exacerbando os sintomas da fibromialgia em indivíduos predispostos. Eles indicam que a hiperatividade do sistema nervoso simpático, promovida pela liberação excessiva de adrenalina, aumenta a sensibilidade central à dor em mulheres geneticamente suscetíveis. Esse processo, chamado sensibilização central, agrava o ciclo de dor crônica em pacientes cuja resposta ao estresse foi previamente modificada por traumas.

Outro fator de relevância genética na fibromialgia envolve a atividade da enzima Catecol-O-Metiltransferase (COMT), que é responsável pela degradação de neurotransmissores como a dopamina, a adrenalina e a noradrenalina. Lee et al. (2014) argumentam que a variação genética no gene COMT, particularmente a variante Val158Met, está diretamente associada à diminuição da atividade da enzima, o que resulta em uma maior sensibilidade à dor e uma propensão aumentada ao estresse. Pacientes com essa variação genética apresentam maior vulnerabilidade ao desenvolvimento de transtornos de ansiedade e depressão, ambos fortemente associados à fibromialgia (Desmeules et al., 2014).

A regulação dos receptores opioides também se encontra alterada em pacientes com fibromialgia. Eles possuem uma resposta analgésica endógena deficiente, com uma menor sensibilidade aos opioides naturais do corpo, como as endorfinas. Isso limita a capacidade de modulação da dor, aumentando a percepção de estímulos dolorosos e perpetuando o estado de hipersensibilidade à dor. Essa deficiência, combinada com a predisposição genética, agrava a incapacidade do corpo de controlar adequadamente a dor crônica e contribui para o quadro de hipersensibilidade generalizada.

Além disso, os fatores epigenéticos são modulados pelo ambiente e estilo de vida, como a dieta, o nível de atividade física e a exposição ao estresse. Essas variáveis desempenham um papel significativo no agravamento dos sintomas, influenciando a expressão de genes relacionados à dor e ao estresse. O impacto da plasticidade cerebral, descrito como a capacidade do cérebro de adaptar-se e modificar-se ao longo do tempo, pode ser prejudicado em mulheres com fibromialgia, afetando negativamente a resposta do organismo à dor. Nesse sentido, intervenções no estilo de vida, como o aumento da prática de exercícios físicos e o uso de técnicas de gerenciamento de estresse, têm o potencial de modificar a expressão genética associada à dor crônica, oferecendo uma abordagem preventiva e terapêutica relevante para essas pacientes.

Treinamento de força e fibromialgia

O treinamento de força tem ganhado cada vez mais destaque no tratamento de pacientes com fibromialgia, já que contribui significativamente para a melhoria da força muscular, da qualidade de vida e do controle dos sintomas. O exercício de resistência auxilia no fortalecimento dos músculos, na redução da inflamação e no alívio da dor crônica. Donges et al. (2010) apontam que o treinamento de força estimula a produção de miocinas anti-inflamatórias durante a contração muscular, o que ajuda a reduzir a inflamação sistêmica frequentemente associada à fibromialgia.

Além disso, Braith e Stewart (2006) destacam que protocolos de treinamento com intensidade moderada a alta (cerca de 80% de uma repetição máxima) realizados de 2 a 3 vezes por semana demonstram eficácia na melhoria de vários parâmetros de saúde, como a redução da pressão arterial sistólica e diastólica, a melhora do perfil lipídico e o aumento da densidade mineral óssea. Esses resultados são particularmente importantes para pacientes com fibromialgia, que geralmente apresentam inatividade física devido à dor crônica e à fadiga.

Estudos realizados por Cornelissen et al. (2011) reforçam

esses achados, demonstrando que o treinamento isométrico é eficaz na redução da pressão arterial, enquanto o treinamento dinâmico aumenta o consumo de oxigênio e reduz a gordura corporal. Essas adaptações são de extrema importância, já que a prática de exercícios não apenas melhora a composição corporal, mas também contribui para o fortalecimento do sistema cardiovascular, o que é fundamental para essas pacientes.

Li et al. (2024) conduziram um estudo de 15 semanas de treinamento de força em mulheres com fibromialgia, e os resultados mostraram uma redução significativa de 16,75 pontos no Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ). Além disso, houve uma redução de 3,3 cm na dor, medida em uma escala de 10 cm, e um aumento significativo na força muscular, com um ganho de 27,32 kg na extensão concêntrica das pernas. Esses achados indicam que o treinamento de resistência é uma abordagem segura e eficaz para melhorar a força muscular e a capacidade funcional em mulheres com fibromialgia.

Sugestão de modelo de treinamento de força para mulheres com fibromialgia:

Exercício	Séries	Repetições	Intensidade	Frequência	Duração	Músculos trabalhados
Agachamento	1-2	4-20	40-80% de 1RM	2x por semana	8-12 semanas	Quadríceps e glúteos
Supino	1-2	4-20	40-80% de 1RM	2x por semana	8-12 semanas	Peitoral, deltoides e tríceps
Remada com halteres	1-2	4-20	40-80% de 1RM	2x por semana	8-12 semanas	Latíssimo do dorso, bíceps e deltoides
Levantamento terra	1-2	4-20	40-80% de 1RM	2x por semana	8-12 semanas	Paravertebrais e glúteos
Desenvolvimento com halteres	1-2	4-20	40-80% de 1RM	2x por semana	8-12 semanas	Deltoides e tríceps

Abdominal prancha	1-2	30"- 60"	Esforço percebido moderado	2x por semana	8-12 semanas	Abdômen
-------------------	-----	----------	----------------------------	---------------	--------------	---------

Fonte: (da Silva et al., 2022)

A dieta no tratamento da fibromialgia

A dieta desempenha um papel fundamental na gestão dos sintomas da fibromialgia. A adoção de uma alimentação anti-inflamatória, rica em alimentos antioxidantes, como frutas, vegetais e ácidos graxos ômega-3, pode ajudar na redução dos sintomas e no controle da inflamação. Zhang et al. (2023) sugerem que mudanças na dieta são eficazes na redução da dor e da fadiga em mulheres com fibromialgia, além de melhorar a qualidade de vida de forma geral.

Alimentos ricos em antioxidantes e fibras promovem efeitos anti-inflamatórios, potencializando o alívio da dor e da rigidez muscular. A dieta equilibrada também contribui para a saúde mental, melhorando o humor e reduzindo os níveis de ansiedade e depressão, frequentemente presentes nas pacientes.

Alves et al. (2013) demonstraram que a suplementação com creatina monoidratada pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a função muscular em mulheres com fibromialgia. O estudo mostrou que, após a suplementação, houve um aumento de até 80% nos níveis de fosforilcreatina intramuscular, o que resultou em uma melhora significativa na força muscular dos membros superiores e inferiores. Além disso, a creatina ajudou a reduzir os sintomas gerais da fibromialgia, promovendo um efeito positivo na qualidade de vida dessas pacientes.

Outro suplemento que tem sido explorado é a vitamina D. Lombardo et al. (2022) ressaltam que a deficiência de vitamina D é comum em mulheres com fibromialgia e que a suplementação pode reduzir a dor musculoesquelética e melhorar a qualidade de vida. Esses estudos sugerem que a inclusão de suplementos específicos,

como a creatina e a vitamina D, pode ser benéfica no manejo da fibromialgia.

Alongamento e flexibilidade

O alongamento tem demonstrado benefícios significativos para a flexibilidade e a redução da dor em indivíduos com fibromialgia. Zhou et al. (2023) destacam que a prática regular de exercícios de alongamento não apenas aumenta a amplitude de movimento, mas também proporciona alívio da rigidez muscular. Os autores apontam que a implementação de rotinas de alongamento em programas de exercícios pode ser fundamental para a promoção do bem-estar físico e emocional dos pacientes.

Além disso, a pesquisa realizada por Zhou et al. (2023) sugere que a combinação de alongamento com outras formas de exercício, como o treinamento de força e o exercício aeróbico, pode resultar em um tratamento mais holístico e eficaz para a fibromialgia. A melhora na flexibilidade e a redução da tensão muscular são fatores que contribuem para a diminuição da dor, permitindo que os pacientes realizem atividades diárias com maior facilidade e conforto.

Os exercícios de alongamento mostram-se uma técnica importante para reduzir dores e melhorar a flexibilidade em mulheres com fibromialgia, mas os protocolos variam bastante em termos de frequência e intensidade (Lorena et al., 2015). As melhores práticas incluem:

- **Alongamentos diários ou regulares:** Exercícios realizados duas a três vezes por semana demonstraram melhorar a amplitude de movimento e aliviar a tensão muscular.
- **Foco em grandes grupos musculares:** Os alongamentos devem incluir musculatura de membros superiores, inferiores e tronco.

- **Duração e intensidade adequadas:** Alongamentos de 30 segundos, com intensidade leve a moderada, são ideais para evitar sobrecarga e aumentar a adesão ao tratamento.

Embora os benefícios do alongamento sejam bem documentados, os autores ressaltam a necessidade de mais estudos para determinar a frequência e a intensidade ideais dos exercícios de alongamento em pacientes com fibromialgia. A personalização das intervenções de alongamento pode ser uma estratégia eficaz para atender às necessidades individuais dos pacientes.

Sugestão de exercícios de flexibilidade para mulheres com fibromialgia:

Semana	Frequênc- cia	Duração por sessão	Exercício	Intensidade	Observações
1-4	2-3	15-20 minutos	Alongamen- to de pernas e tronco (posteriores e flexores)	Leve a moderada	Alongamentos suaves, sem dor, segurar por 20-30 segundos, 3 séries por músculo.
5-8	3	20-25 minutos	Alonga- mento de membros superiores e pescoço	Leve a moderada	Incluir respiração profunda durante os alongamentos, aumentar para 40 segundos por série.
9-12	3-4	25-30 minutos	Alongamen- to global (todo o corpo)	Moderada	Manter intensi- dade confortável, mas progressiva; segurar 30-45 segundos, 3-4 séries.
13-16	3-4	30-35 minutos	Alongamen- to com foco em mú- sculos mais rígidos	Moderada	Foco em múscu- los mais afetados pela dor, segurar 45-60 segundos, 3-4 séries por músculo.

17-24	3-4	35-40 minutos	Alongamento global + flexibilidade ativa	Moderada a alta	Incluir movimentos dinâmicos e alongamento ativo com maior amplitude; aumentar progressivamente.
-------	-----	---------------	--	-----------------	--

Fonte: (Lorena et al., 2015)

Exercício aeróbico

O exercício aeróbico é uma das abordagens mais amplamente recomendadas para o tratamento da fibromialgia. Niu et al. (2024) indicam que a prática de exercícios aeróbicos moderados, como caminhada, ciclismo ou hidroginástica, tem mostrado ser eficaz na redução da dor e da fadiga. Esses exercícios também promovem uma melhora significativa no humor e na qualidade do sono, fatores que influenciam diretamente o bem-estar geral das pacientes.

As diretrizes para o exercício aeróbico sugerem que as pacientes realizem de 30 a 60 minutos de exercícios moderados, de 2 a 3 vezes por semana. O protocolo pode ser ajustado para incluir tanto exercícios contínuos quanto intervalados, com variações na intensidade para evitar sobrecarga e garantir a adesão ao programa. Ao longo do tempo, o aumento gradual da intensidade e da duração dos exercícios permite que as pacientes melhorem sua capacidade cardiovascular e resistência muscular, com menor risco de exacerbação da dor.

Niu et al. (2024) também destacam que a prática de exercícios aeróbicos supervisionados oferece benefícios adicionais, como a modulação autonômica e a melhora da capacidade de resposta ao estresse. O exercício aeróbico também ajuda a reduzir os níveis de inflamação e a regular o sistema nervoso simpático, promovendo uma resposta mais equilibrada às demandas físicas do dia a dia.

Sugestão de modelo de treinamento aeróbio para mulheres com fibromialgia:

Semana	Frequência semanal	Duração da sessão	Exercício	Intensidade	Observações
1 - 4	2 – 3 vezes	30 minutos	Caminhada leve/Hidroginástica	Leve - Moderada (50-60% FCmáx)	Aumentar progressivamente a duração. Iniciar com 10-15 min contínuos e intervalar.
5 - 8	3 vezes	35-40 minutos	Caminhada / Bicicleta ergométrica	Moderada (60-65% FCmáx)	Incluir treinamento intervalado leve (1:1 de esforço/descesso). Aumentar gradualmente.
9 - 12	3 vezes	40-45 minutos	Caminhada rápida / Natação	Moderada (65-70% FCmáx)	Sessões contínuas, com 5-10 minutos finais de intervalo leve. Adicionar alongamentos.
13 – 16	3 vezes	50-60 minutos	Corrida leve / Hidroginástica	Moderada (70-75% FCmáx)	Aumentar intensidade, priorizando esforço contínuo. Monitorar sintomas e ajustar carga.
17 – 24	3 vezes	60 minutos	Ciclismo / Natação	Moderada a Alta (75-80% FCmáx)	Alternar entre treino contínuo e intervalado. Ajustar intensidade conforme adaptação.

Fonte: (Häuser et al., 2010)

Conclusão: intervenções multifuncionais e seus efeitos

O tratamento da fibromialgia deve ser multidimensional, integrando intervenções dietéticas, treinamento de força, alongamento e exercício aeróbico. Embora a pesquisa continue a evoluir, as evidências atuais sugerem que essas abordagens podem proporcionar alívio significativo dos sintomas, melhorar a qualidade de vida e promover o bem-estar geral dos pacientes. A personalização das intervenções, considerando as necessidades e preferências individuais dos pacientes, é fundamental para otimizar os resultados do tratamento.

Referências

- Alves, C. R. R., Santiago, B. M., Lima, F. R., Otaduy, M. C. G., Calich, A. L., Tritto, A. C. C., De Sá Pinto, A. L., Roschel, H., Leite, C. C., Benatti, F. B., Bonfá, E., & Gualano, B. (2013). Creatine Supplementation in Fibromyalgia: A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Trial. *Arthritis Care & Research*, 65, 1449-1459. <https://doi.org/10.1002/acr.22020>
- Assavarittirong, C., Samborski, W., & Grygiel-Górniak, B. (2022). Oxidative Stress in Fibromyalgia: From Pathology to Treatment. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022, 1-11.
- Bradley, L. A. (2009). Pathophysiology of Fibromyalgia. *The American Journal of Medicine*, 122(12), S22-S30.
- Braith, R. W., & Stewart, K. J. (2006). Resistance Exercise Training. *Circulation*, 113(22), 2642-2650.
- Braz, A. S., Ranzolin, A., & Heymann, R. E. (2022). Dores Musculoesqueléticas Localizadas e Difusas. *Manole*.
- Buskila, D., et al. (1997). Increased Rates of Fibromyalgia Following Cervical Spine Injury: A Controlled Study of 161 Cases of Traumatic Injury. *Arthritis & Rheumatism*, 40(3),

446–452.

Calatayud, F., & Belzung, C. (2001). Emotional Reactivity in Mice: A Case of Nongenetic Heredity? **Physiology & Behavior**, 74(3), 355–362.

Campisi, L., & La Motta, C. (2022). The Use of Coenzyme Q10 as a Food Supplement in the Management of Fibromyalgia: A Critical Review. **Antioxidants**, 11(1969), 1-12. <https://doi.org/10.3390/antiox11101969>

Cohen, H., et al. (2010). The Relationship Between a Common Catechol-O-Methyltransferase (COMT) Polymorphism Val(158) Met and Fibromyalgia. **PubMed**, 27(5 Suppl 56), S51-S56.

Cornelissen, V. A., et al. (2011). Impact of Resistance Training on Blood Pressure and Other Cardiovascular Risk Factors. **Hypertension**, 58(5), 950–958.

Cunha, P. M., et al. (2024). Can Resistance Training Improve Mental Health Outcomes in Older Adults? A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Psychiatry Research**, 333, 115746.

Desmeules, J., et al. (2014). Central Pain Sensitization, COMT Val158Met Polymorphism, and Emotional Factors in Fibromyalgia. **The Journal of Pain**, 15(2), 129-135.

Donges, C. E., Duffield, R., & Drinkwater, E. J. (2010). Effects of Resistance or Aerobic Exercise Training on Interleukin-6, C-Reactive Protein, and Body Composition. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 42(2), 304–313.

Finan, P. H., et al. (2011). COMT Moderates the Relation of Daily Maladaptive Coping and Pain in Fibromyalgia. **Pain**, 152(2), 300-307.

Fonseca, J., et al. (2023). Catastrophizing and Rumination Mediate the Link Between Functional Disabilities and Anxiety/Depression in Fibromyalgia: A Double-Mediation Model. **L'Encéphale**, 49(3), 1-11.

Gerdle, B., et al. (2020). Evidence of Mitochondrial Dysfunction in Fibromyalgia: Deviating Muscle Energy Metabolism Detected Using Microdialysis and Magnetic Resonance. **Journal of Clinical Medicine**, 9(11), 1-11.

Giorgi, V., et al. (2022). Fibromyalgia: One Year in Review. **Clinical and Experimental Rheumatology**, 40(6), 1-10.

Glass, J. M. (2008). Fibromyalgia and Cognition. *PubMed*, 69(Suppl 2), 20-24.

Goldstein, D. S. (2002). Dysautonomias: Clinical Disorders of the Autonomic Nervous System. **Annals of Internal Medicine**, 137(9), 753-765.

Häuser, W., Klose, P., Langhorst, J., Moradi, B., Steinbach, M., Schiltenwolf, M., & Busch, A. (2010). Efficacy of different types of aerobic exercise in fibromyalgia syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **Arthritis Research & Therapy**, 12(3), R79. <https://doi.org/10.1186/ar3002>

Herring, M. P., & Meyer, J. D. (2011). Resistance Exercise for Anxiety and Depression: Efficacy and Plausible Mechanisms. **Trends in Molecular Medicine**, 17(1), 1-12.

Janssen, L. P., et al. (2021). Fibromyalgia: A Review of Related Polymorphisms and Clinical Relevance. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 93(Suppl 4), 1-15.

Kingsley, J. D. (2012). Autonomic Dysfunction in Women with Fibromyalgia. **Arthritis Research & Therapy**, 14(1), 1-6.

Lavín, M. M. (2013). Fibromialgia: El Dolor Incomprendido. *AGUILAR*.

Lee, Y. H., Kim, J.-H., & Song, G. G. (2014). Association Between the COMT Val158Met Polymorphism and Fibromyalgia Susceptibility and Fibromyalgia Impact Questionnaire Score: A Meta-Analysis. **Rheumatology International**, 35(1), 159-166.

- Li, X., et al. (2024). Resistance Training for Fibromyalgia: A Randomized Controlled Trial. **Physical Therapy**, 104(1), 1-8.
- Liang, T. A. Y., et al. (2018). Role of ASIC3, Nav1.7, and Nav1.8 in Electroacupuncture-Induced Analgesia in a Mouse Model of Fibromyalgia Pain. **Acupuncture in Medicine**, 36(2), 110-116.
- Lombardo, M., Feraco, A., Ottaviani, M., Rizzo, G., Camajani, E., Caprio, M., & Armani, A. (2022). The Efficacy of Vitamin D Supplementation in the Treatment of Fibromyalgia Syndrome and Chronic Musculoskeletal Pain. **Nutrients**, 14(3010), 1-10. <https://doi.org/10.3390/nu14153010>
- Lorena, S. B. de, Lima, M. do C. C. de, Ranzolin, A., & Duarte, Â. L. B. P. (2015). Efeitos dos exercícios de alongamento muscular no tratamento da fibromialgia: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Reumatologia**, 55(2), 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.rbr.2014.08.015>
- Martinez-Lavin, M., & Solano, C. (2009). Dorsal Root Ganglia Sodium Channels and Fibromyalgia Sympathetic Pain. **Medical Hypotheses**, 72(1), 64-66.
- Mease, P. J., et al. (2008). Identifying the Clinical Domains of Fibromyalgia: Contributions from Clinician and Patient Delphi Exercises. **Arthritis Rheum**, 59(7), 952–960. <https://doi.org/10.1002/art.23826>
- Medeiros, J. F., Barbosa, S. S., Cavalcanti, C., Medeiros, L., & Navarro, F. (2010). Programa de Exercícios Físicos na Melhoria das Aptidões Físicas Relativas à Saúde do Portador de Fibromialgia: Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, 4(24), 550-555.
- Niu, H., et al. (2024). Exercise Interventions for Fibromyalgia: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Pain**, 165(1), 1-12.
- Nugraha, B., Korallus, C., & Gutenbrunner, C. (2013). Serum Level of Brain-Derived Neurotrophic Factor in Fibromyalgia Syndrome Correlates with Depression but Not Anxiety. **Neurochemistry International**, 62(3), 281–286.

- O’Sullivan, D., et al. (2023). Effects of Resistance Exercise Training on Depressive Symptoms Among Young Adults: A Randomized Controlled Trial. **Psychiatry Research**, 326, 115322.
- Ribeiro, R. C., et al. (2011). Cardiac Autonomic Impairment and Chronotropic Incompetence in Fibromyalgia. **Arthritis Research & Therapy**, 13(6), R190.
- Rossi, F. E., et al. (2024). Strength Training Has Antidepressant Effects in People with Depression or Depressive Symptoms but No Other Severe Diseases: A Systematic Review with Meta-Analysis. **Psychiatry Research**, 334, 115805.
- Russell, I. J., et al. (1994). Elevated Cerebrospinal Fluid Levels of Substance P in Patients with the Fibromyalgia Syndrome. **Arthritis & Rheumatism**, 37(11), 1593–1601.
- Setayesh, S., & Rahimi, M. (2023). The Impact of Resistance Training on Brain-Derived Neurotrophic Factor and Depression Among Older Adults Aged 60 Years or Older: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Geriatric Nursing**, 54, 23–31.
- Silva, J. M., de Barros, B. S., Almeida, G. J., O’Neil, J., & Imoto, A. M. (2022). Dosage of resistance exercises in fibromyalgia: evidence synthesis for a systematic literature review up-date and meta-analysis. **Rheumatology International**, 42(3), 413–429. <https://doi.org/10.1007/s00296-021-05025-9>
- Silver, D., & Wallace, D. J. (2002). The Management of Fibromyalgia-Associated Syndromes. **Rheumatic Disease Clinics of North America**, 28(2), 405–417.
- Smythe, H. A., & Moldofsky, H. (1977-1978). Two Contributions to Understanding of the “Fibrositis” Syndrome. **Bulletin on the Rheumatic Diseases**, 28(1), 928-931.
- Souza, H. S., et al. (2022). Resistance Training Improves Sleep and Anti-Inflammatory Parameters in Sarcopenic Older Adults: A Randomized Controlled Trial. **International Journal of**

Environmental Research and Public Health, 19(23), 16322.

Whitworth, J. W., et al. (2019). High Intensity Resistance Training Improves Sleep Quality and Anxiety in Individuals Who Screen Positive for Posttraumatic Stress Disorder: A Randomized Controlled Feasibility Trial. **Mental Health and Physical Activity**, 16, 43–49.

Wolfe, F., Ross, K., Anderson, J., Russell, I. J., & Hebert, L. (1995). The Prevalence and Characteristics of Fibromyalgia in the General Population. **Arthritis & Rheumatism**, 38(1), 19–28. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/art.1780380104>

Yoshimura, R., et al. (2010). Plasma Levels of Brain-Derived Neurotrophic Factor and Interleukin-6 in Patients with Dysthymic Disorder: Comparison with Age- and Sex-Matched Major Depressed Patients and Healthy Controls. **Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental**, 25(7-8), 566–569.

Zhang, Y., et al. (2023). Dietary Interventions in Fibromyalgia: A Systematic Review. **Pain Research and Management**, 2023, 1-9.

Zhou, L., et al. (2023). Effects of Stretching Exercises on Fibromyalgia: A Clinical Trial. **Journal of Rehabilitation Medicine**, 55, 1-8.

Capítulo 15

CIÊNCIA DE DADOS APLICADA AO EXERCÍCIO FÍSICO – CONCEITUAÇÃO

HENRIQUE STELZER NOGUEIRA

Introdução

No Brasil, a Educação Física é regulamentada pelo sistema CONFEF/CREFs, cujas leis de regulamentação e documentos publicados pelo referido sistema preveem que a intervenção técnica do profissional de Educação Física deve ocorrer por meio de fundamentação científica atualizada e com o máximo de conhecimento, bem como se faz necessário e é uma obrigação realizar avaliações periódicas do público atendido (atletas, praticantes de exercício físico para prevenção e tratamento de doenças, para fins estéticos, como forma de lazer, alunos da educação básica, entre outros), para que com os dados coletados seja possível avaliar as alterações agudas e crônicas, e com base na literatura explicar os fenômenos observados.

Assim, fica o convite para a leitura da Resolução do CONFEF n. 307/2015, da Lei n. 9.696/1998 e da Lei n. 14.386/2022, para verificarem essa posição.

Nota-se uma falta de qualidade técnica na atuação dos profissionais de Educação Física no Brasil, tanto para prescrição de exercícios para indivíduos saudáveis quanto para indivíduos com alguma patologia (Ceschini et al., 2018a; Ceschini et al., 2018b; Goebel; Borges; Barbosa, 2013; Teixeira et al., 2011; Monteiro et al., 2010; Monteiro et al., 2009). Isso se reflete fora do meio acadêmico, como o que o jornalista esportivo Paulo Calçade destaca sobre o resultado do jogo da seleção brasileira de futebol

em partida contra a seleção da Alemanha pela Copa do Mundo de 2014, em momento pós-jogo pela emissora ESPN Brasil, com vídeo publicado pelo canal do YouTube do CONFEF em 2015, sobre a pobreza intelectual no futebol brasileiro e mostra que a Alemanha teve a humildade de perceber erros e buscou uma interlocução com as universidades e cientistas, para então voltar a ser uma potência na modalidade (CONFEF, 2015).

Além de buscas simples pela internet com os termos “mortes em academia” verifica-se a falta de cuidados com pessoas com patologias em ambientes de treinamento físico, sobretudo nas grandes redes de academia de musculação.

Outro ponto importante é sobre a organização e análise de dados coletados na atuação do profissional de Educação Física, que pouco é explorado na formação no ensino superior (graduação e especialização). As recomendações sobre a prática de exercício físico para diversas populações são encontradas em “guidelines”, diretrizes, posicionamentos institucionais, livros e artigos científicos, portanto o objetivo desse capítulo será apresentar formas de organizar e analisar dados para que seja possível verificar se a intervenção profissional impacta em melhora de parâmetros avaliados e conflitar com a literatura sobre a população avaliada, para assim elaborar relatórios com maior profissionalismo.

Criação de base de dados

Toda análise de dados depende da organização em uma boa base. Para isso é recomendável que se tenha bons conhecimentos em programas específicos, como no caso do Excel[®] e nos casos mais sofisticados, conhecimentos em SPSS[®].

Para a criação da estrutura dos dados e análise estatística, sugere-se adotar o que é preconizado por Gonçalves 2021 e por Fontelles (2012a; 2012b).

Segue exemplo de base de dados de um grupo de 13 indivíduos com hipertensão e com diabetes, clientes de um personal

trainer. Em virtude da base de dados ser muito grande e não caber todos os dados de uma só vez, serão apresentadas figuras com prints parciais, com explicações sobre o que se trata nas figuras, para que se possa avançar no conteúdo desse capítulo.

As figuras de 1 até 5 mostram dados do período do treinamento (mesociclo, microciclos [semanas], datas dos treinos, capacidades físicas treinadas, tempo de duração dos treinos, escala de Borg CR10, score da carga interna, variação da glicemias, da pressão arterial, da frequência cardíaca e do duplo produto, em função de cada sessão de treino.

Apesar dos prints capturarem dados do cliente 1, um filtro pode ser usado para constar todos os clientes ou selecionar clientes específicos, portanto a base de dados na verdade contempla todos os clientes hipertensos diabéticos.

Após essa etapa, é possível criar as tabelas dinâmicas e gráficos dinâmicos, conforme apresentado pelas figuras 6, 7 e 8 para a escala de Borg CR10 e para o tempo de duração das sessões de treino. Nota-se que essas tabelas e gráficos permitem a seleção dos dados por meio de filtros.

Figura 1. Print de exemplo dados de cliente 1 (parte 1 – capacidades físicas treinadas e tempo de duração das sessões).

DIAS SEMANA/SEMANA	ID CLIENTE	MESOCICLOS	SEMANA	DIAS/SEMANA	DATA	CAPACIDADE FÍSICA TREINADA 1		TEMPO 1	CAPACIDADE FÍSICA TREINADA 2		TEMPO 2	CAPACIDADE FÍSICA TREINADA 3		TEMPO 3	TEMPO TOTAL	
Sem1 2a	1	1	1	2a	01/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem1 3a	1	1	1	3a	02/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem1 5a	1	1	1	5a	04/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem1 6a	1	1	1	6a	05/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem2 Sábado	1	1	1	Sábado	06/01/2024	Resistência Cardiorespiratória	30								30	
Sem2 Domingo	1	1	1	Domingo	07/01/2024	Resistência Cardiorespiratória	30									30
Sem2 2a	1	1	2	2a	08/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem2 3a	1	1	2	3a	09/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem2 4a	1	1	2	4a	10/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem2 5a	1	1	2	5a	11/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem2 Sábado	1	1	2	Sábado	13/01/2024	Resistência Cardiorespiratória	30									30
Sem2 Domingo	1	1	2	Domingo	14/01/2024	Resistência Cardiorespiratória	30									30
Sem3 2a	1	1	3	2a	15/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem3 3a	1	1	3	3a	16/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem3 4a	1	1	3	4a	17/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem3 5a	1	1	3	5a	18/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem3 6a	1	1	3	6a	19/01/2024	Resistência de Força	20	Resistência Cardiorespiratória	20	Flexibilidade	20	60				
Sem3 Sábado	1	1	3	Sábado	20/01/2024	Resistência Cardiorespiratória	30									30
Sem3 Domingo	1	1	3	Domingo	21/01/2024	Resistência Cardiorespiratória	30									30

Tempo = minutos.

Fonte: do autor.

Figura 2. Print de exemplo dados de cliente 1 (parte 2 – escala de Borg CR10, escore da carga interna e variação na glicemia).

DIA SEMANA / SEMANA	ID CLIENTE	MESOCICLOS	SEMANAS	DIAS/SEMANA	DATAS	ESCALA DE BORG CR10	SCORE CARGA INTERNA (CI)	GLICEMIA PRÉ	GLICEMIA PÓS	DIF. ABS. GLICEMIA (PÓS-PRÉ)	DIF. % GLICEMIA (PÓS-PRÉ)
Sem1 2a	1	1	1	2a	01/01/2024	3	180	146	130	-16	-10,96
Sem1 3a	1	1	1	3a	02/01/2024	4	240	140	124	-16	-11,43
Sem1 5a	1	1	1	5a	04/01/2024	3	180	142	134	-8	-5,63
Sem1 6a	1	1	1	6a	05/01/2024	3	180	140	133	-7	-5,00
Sem1 Sábado	1	1	1	Sábado	06/01/2024	4	120	136	127	-9	-6,62
Sem1 Domingo	1	1	1	Domingo	07/01/2024	3	90	138	117	-21	-15,22
Sem2 2a	1	1	2	2a	08/01/2024	5	300	130	113	-17	-13,08
Sem2 3a	1	1	2	3a	09/01/2024	3	180	140	122	-18	-12,86
Sem2 4a	1	1	2	4a	10/01/2024	2	120	138	121	-17	-12,32
Sem2 5a	1	1	2	5a	11/01/2024	3	180	136	130	-6	-4,41
Sem2 Sábado	1	1	2	Sábado	13/01/2024	4	120	134	110	-24	-17,91
Sem2 Domingo	1	1	2	Domingo	14/01/2024	3	90	130	107	-23	-17,69
Sem3 2a	1	1	3	2a	15/01/2024	5	300	132	105	-27	-20,45
Sem3 3a	1	1	3	3a	16/01/2024	3	180	134	117	-17	-12,69
Sem3 4a	1	1	3	4a	17/01/2024	4	240	136	114	-22	-16,10
Sem3 5a	1	1	3	5a	18/01/2024	5	300	130	112	-18	-13,85
Sem3 6a	1	1	3	6a	19/01/2024	5	300	132	120	-12	-9,09
Sem3 Sábado	1	1	3	Sábado	20/01/2024	3	90	128	118	-10	-7,81
Sem3 Domingo	1	1	3	Domingo	21/01/2024	3	90	130	119	-11	-8,46
Sem4 2a	1	1	4	2a	22/01/2024	2	120	140	114	-26	-18,57

Score da carga interna (u.a.) = escala de Borg CR10 x tempo em minutos.

Fonte: do autor.

Figura 3. Print de exemplo dados de cliente 1 (parte 3 – dados hemodinâmicos pré-treino – PAS, PAD, FC e Duplo Produto).

DIA SEMANA / SEMANA	ID CLIENTE	MESOCICLOS	SEMANAS	DIAS/SEMANA	DATAS	PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA PRÉ	PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA PRÉ	FREQUÊNCIA CARDÍACA PRÉ	DUPLO PRODUTO PRÉ
Sem1 2a	1	1	1	2a	01/01/2024	146	100	85	12410
Sem1 3a	1	1	1	3a	02/01/2024	140	98	80	11200
Sem1 5a	1	1	1	5a	04/01/2024	142	98	86	12112
Sem1 6a	1	1	1	6a	05/01/2024	140	90	82	11480
Sem2 Sábado	1	1	1	Sábado	06/01/2024	136	96	78	10608
Sem1 Domingo	1	1	1	Domingo	07/01/2024	138	94	70	9660
Sem2 2a	1	1	2	2a	08/01/2024	130	88	76	9880
Sem2 3a	1	1	2	3a	09/01/2024	140	94	74	10360
Sem2 4a	1	1	2	4a	10/01/2024	138	100	82	11316
Sem2 5a	1	1	2	5a	11/01/2024	136	90	81	11016
Sem2 Sábado	1	1	2	Sábado	13/01/2024	134	80	78	10452
Sem2 Domingo	1	1	2	Domingo	14/01/2024	130	84	77	10010
Sem3 2a	1	1	3	2a	15/01/2024	132	86	74	9768
Sem3 3a	1	1	3	3a	16/01/2024	134	84	79	10586
Sem3 4a	1	1	3	4a	17/01/2024	136	82	81	11016
Sem3 5a	1	1	3	5a	18/01/2024	130	80	80	10400

PAS = pressão arterial sistólica;

PAD = pressão arterial diastólica;

FC = frequência cardíaca;

Fonte: do autor.

Figura 4. Print de exemplo dados de cliente 1 (parte 4 – dados hemodinâmicos pós-treino – PAS, PAD, FC e Duplo Produto).

DIA/SEMANA / SEMANA	ID CLIENTE	MESOCICLOS	SEMANAS	DIAS/SEMANA	DATAS	PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA PÓS	PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA PÓS	FREQUÊNCIA CARDÍACA PÓS	DUPLO PRODUTO PÓS
Sem1 2a	1	1	1	2a	01/01/2024	150	90	89	13350
Sem1 3a	1	1	1	3a	02/01/2024	130	92	85	11050
Sem1 5a	1	1	1	5a	04/01/2024	138	90	91	12558
Sem1 6a	1	1	1	6a	05/01/2024	140	80	90	12600
Sem1 Sábado	1	1	1	Sábado	06/01/2024	140	100	92	12880
Sem1 Domingo	1	1	1	Domingo	07/01/2024	136	90	76	10336
Sem2 2a	1	1	2	2a	08/01/2024	124	90	81	10044
Sem2 3a	1	1	2	3a	09/01/2024	138	80	77	10626
Sem2 4a	1	1	2	4a	10/01/2024	140	84	92	12880
Sem2 5a	1	1	2	5a	11/01/2024	120	80	87	10440
Sem2 Sábado	1	1	2	Sábado	13/01/2024	138	84	91	12558
Sem2 Domingo	1	1	2	Domingo	14/01/2024	128	82	83	10624
Sem3 2a	1	1	3	2a	15/01/2024	140	80	87	11180
Sem3 3a	1	1	3	3a	16/01/2024	124	80	85	10540
Sem3 4a	1	1	3	4a	17/01/2024	126	84	95	11970
Sem3 5a	1	1	3	5a	18/01/2024	124	82	87	10788

PAS = pressão arterial sistólica;

PAD = pressão arterial diastólica;

FC = frequência cardíaca;

Fonte: do autor.

Figura 5. Print de exemplo dados de cliente 1 (parte 5 – dados hemodinâmicos pós 20 minutos – PAS, PAD, FC e Duplo Produto).

DIA/SEMANA / SEMANA	ID CLIENTE	MESOCICLOS	SEMANAS	DIAS/SEMANA	DATAS	PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA PÓS 20 MIN	PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA PÓS 20 MIN	FREQUÊNCIA CARDÍACA PÓS 20 MIN	DUPLO PRODUTO PÓS 20 MIN
Sem1 2a	1	1	1	2a	01/01/2024	134	82	74	9916
Sem1 3a	1	1	1	3a	02/01/2024	124	80	70	8680
Sem1 5a	1	1	1	5a	04/01/2024	130	82	77	10010
Sem1 6a	1	1	1	6a	05/01/2024	122	70	82	10004
Sem1 Sábado	1	1	1	Sábado	06/01/2024	120	80	64	7680
Sem1 Domingo	1	1	1	Domingo	07/01/2024	124	80	62	7688
Sem2 2a	1	1	2	2a	08/01/2024	126	84	74	9324
Sem2 3a	1	1	2	3a	09/01/2024	124	72	64	7936
Sem2 4a	1	1	2	4a	10/01/2024	120	78	63	7560
Sem2 5a	1	1	2	5a	11/01/2024	110	70	62	6820
Sem2 Sábado	1	1	2	Sábado	13/01/2024	124	72	61	7564
Sem2 Domingo	1	1	2	Domingo	14/01/2024	112	74	63	7056
Sem3 2a	1	1	3	2a	15/01/2024	128	76	64	8192
Sem3 3a	1	1	3	3a	16/01/2024	114	68	61	6954
Sem3 4a	1	1	3	4a	17/01/2024	116	70	80	9280
Sem3 5a	1	1	3	5a	18/01/2024	112	72	80	8960
Sem3 6a	1	1	3	6a	19/01/2024	110	68	78	8580
Sem3 Sábado	1	1	3	Sábado	20/01/2024	114	74	71	8094
Sem3 Domingo	1	1	3	Domingo	21/01/2024	116	76	83	9610
Sem4 2a	1	1	4	2a	22/01/2024	118	78	81	9438

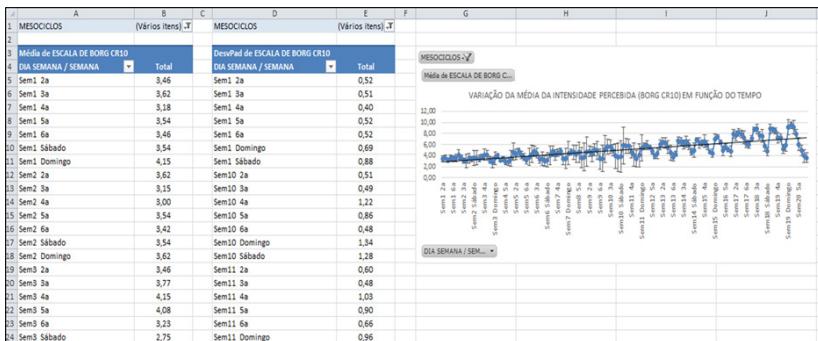
PAS = pressão arterial sistólica;

PAD = pressão arterial diastólica;

FC = frequência cardíaca;

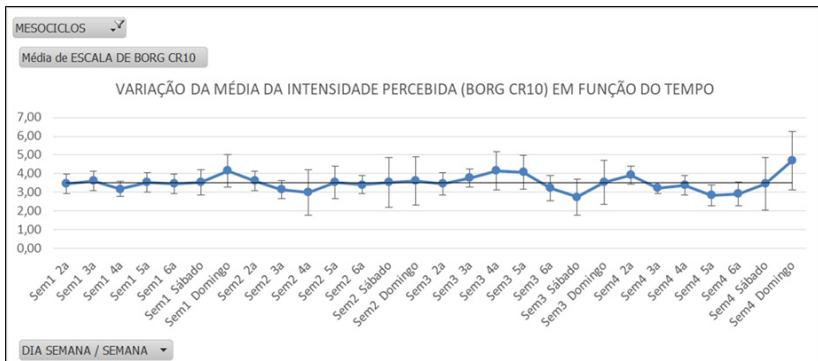
Fonte: do autor.

Figura 6. Print de exemplo de tabelas dinâmicas e gráficos dinâmicos sobre a média e desvio padrão dos 13 clientes sobre a escala de Borg CR10, no decorrer de todos os microciclos (semanas) do programa de treinamento físico.



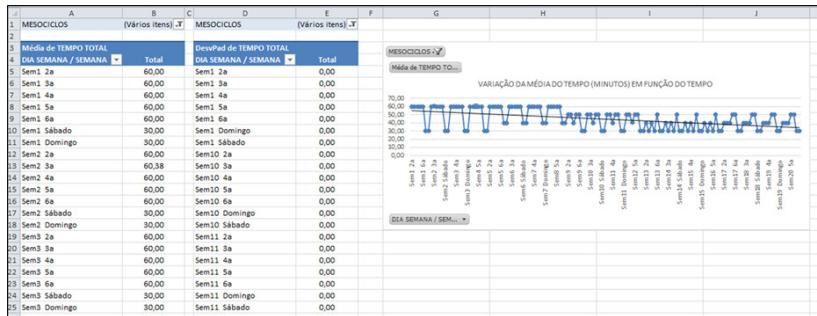
Fonte: do autor.

Figura 7. Print de exemplo de tabelas dinâmicas e gráficos dinâmicos sobre a média e desvio padrão dos 13 clientes sobre a escala de Borg CR10, no decorrer de apenas o mesociclo 1 do programa de treinamento físico.



Fonte: do autor.

Figura 8. Print de exemplo de tabelas dinâmicas e gráficos dinâmicos sobre a média e desvio padrão dos 13 clientes sobre o tempo de duração das sessões de treino, no decorrer de todos os microciclos (semanas) do programa de treinamento físico.

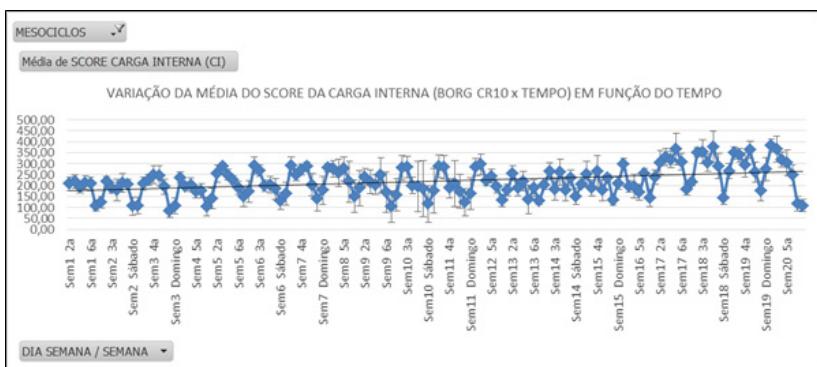


Fonte: do autor.

Testes comparativos para identificar alterações significativas

A figura 9 apresenta o print do gráfico sobre média e desvio padrão dos 13 indivíduos, referente à carga interna (escala de Borg CR10 x tempo em minutos) de cada sessão de treino, no decorrer de todas as semanas do programa de treinamento físico, contudo é possível realizar comparação entre os mesociclos, por meio de testes comparativos sofisticados.

Figura 9. Print do gráfico dinâmico referente à carga interna do grupo dos 13 indivíduos.



Fonte: do autor.

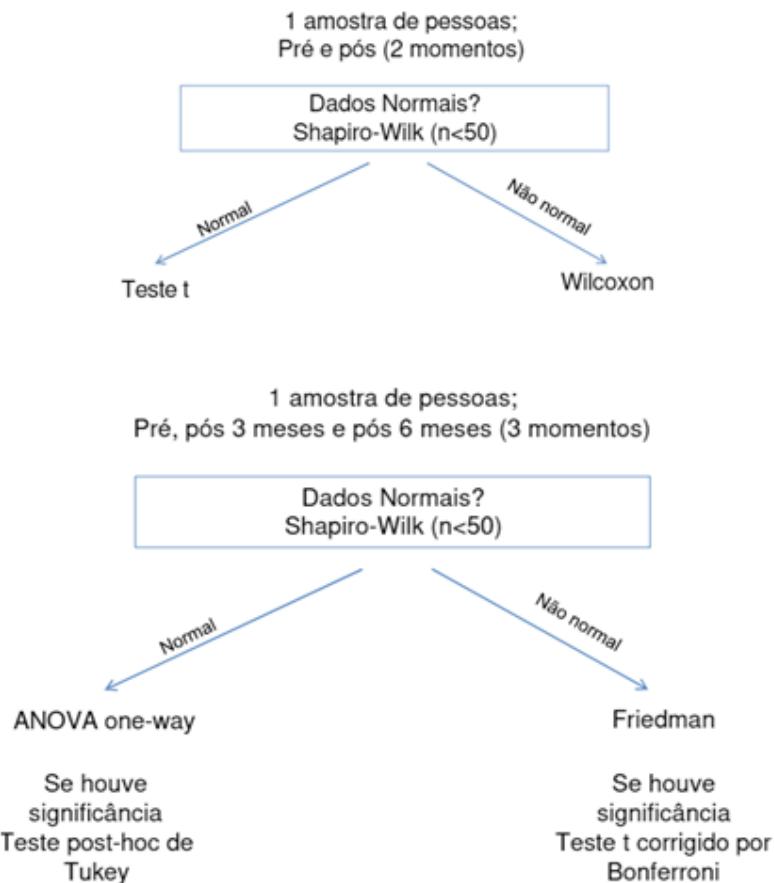
Para isso, é necessário agrupar os dados por mesociclos, realizar teste de normalidade dos dados, ou seja, se a distribuição dos dados dentro dos grupos acompanham a simetria da curva Gaussiana (curva de Gauss ou curva normal).

Caso o teste de normalidade apresente que os dados apresentam distribuição normal (simétrica), deve-se então realizar testes paramétricos para as comparações pretendidas, enquanto que caso o teste de normalidade aponte para não distribuição normal dos dados (assimetria), deve-se então realizar testes não paramétricos para essas comparações.

No caso de uma amostra reduzida (como no nosso exemplo), o teste de normalidade apropriado é o de Shapiro-Wilk, mas no caso de amostras maiores ($n \geq 50$), deve-se realizar teste de Kolmogorov-Smirnov.

A partir daí, toma-se a decisão sobre o melhor teste para realizar as comparações, como ilustrado pela figura 10.

Figura 10. Tomada de decisão sobre testes estatísticos mais adequados para as comparações pretendidas, para uma mesma amostra de pessoas (dados pareados).



Fonte: do autor.

No exemplo didático, o teste de normalidade de Shapiro-Wilk apresentou que a distribuição dos dados nos mesociclos 1 e 5 não são simétricas (“não normais”), conforme a tabela 1.

Com isso, o teste comparativo entre os mesociclos desse mesmo grupo de pessoas (amostra), deve ser o de Friedman, conforme apresentado pela tabela 2, enquanto que o gráfico 1

apresenta as comparações por pares derivados do teste de Friedman (post-hoc).

Tabela 1. Resultado do teste de normalidade do exemplo didático.

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ESCORE	1,00	.197	28	.007	.891	28	.007
	2,00	.159	28	.067	.920	28	.034
	3,00	.126	28	.200*	.952	28	.229
	4,00	.100	28	.200*	.964	28	.439
	5,00	.163	28	.055	.895	28	.009

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Fonte: do autor.

Tabela 2. Resultado do teste de Friedman do exemplo didático.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distributions of MESOCICLO_1, MESOCICLO_2, MESOCICLO_3, MESOCICLO_4 and MESOCICLO_5 are the same.	Related-Samples Friedman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	,000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Fonte: do autor.

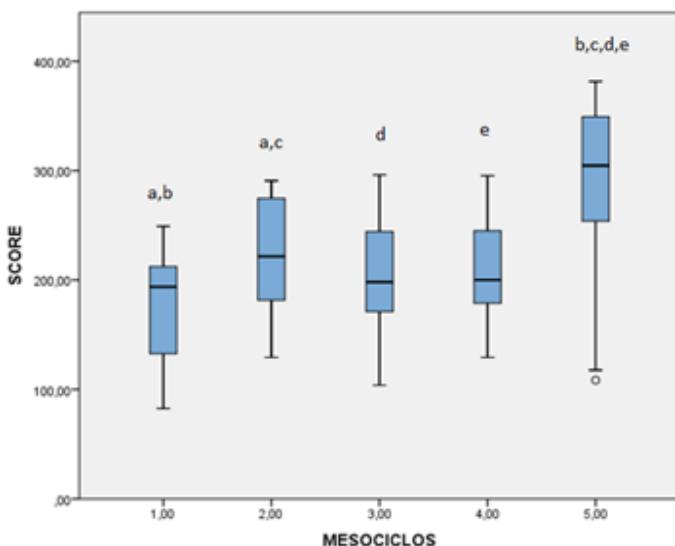
Nota-se que para comparação por meio de teste não-paramétrico, o correto é utilizar o gráfico de box-plot, enquanto que no caso de comparação por meio de teste paramétrico, o correto é utilizar gráfico de barrar com média e desvio padrão para visualização das diferenças.

Como complemento, é possível calcular a monotonia das cargas (média semanal das cargas internas x desvio padrão semanal

das cargas internas) e os strain (soma da média do grupo sobre as cargas internas x monotonia semanal).

O monitoramento do treinamento físico por meio da escala de Borg CR10, tempo em minutos, carga interna, monotonia das cargas e strain, é de fácil aplicação e é fundamental para prevenção de lesões ou de overtraining, assim como possuem forte correlação com marcadores fisiológicos, como consumo de oxigênio, a frequência cardíaca e a concentração de lactato (Nakamura; Moreira; Aoki, 2010).

Gráfico 1. Variação da carga interna entre os mesociclos.



Diferenças significativas: a $p = 0,003$; b $p = 0,000$; c $p = 0,011$; d $p = 0,000$; e $p = 0,000$.

Fonte: do autor.

Esse tipo de análise permeia qualquer público-alvo (esporte competitivo, exercício físico recreativo no momento do lazer, exercício físico para prevenção e tratamento de doenças, exercício

físico para a estética, etc.), conforme publicações de obras pelo próprio CREF4/SP (Chaves; Ferreira; Tavares, 2019; Murer; Braz; Lopes, 2019; Pitanga, 2019).

Por fim, esse procedimento de análise de dados, no caso de hipertensos e diabéticos, deve ser realizado para as alterações de pressão arterial e de glicemia, em que da mesma forma é possível verificar como esses parâmetros se comportam agudamente em função das sessões agudas de treino, bem como as tendências de alteração no decorrer do programa de treinamento físico.

Deve-se ainda pensar nos dados de avaliação física (percentual de gordura, IMC, peso corporal, hipertrofia muscular, testes de resistência cardiorrespiratória, de resistência de força, de força máxima, etc.), além de marcadores biológicos específicos, como componentes do hemograma em pacientes com câncer.

Somente com melhora nos procedimentos de atendimento, utilizando a ciência e ferramentas de análise de dados, é que será possível ter maior seriedade na Educação Física.

Referências

CESCHINI, F. L. *et al.* Conhecimento da prescrição do exercício aeróbico para pessoas com doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Ciência do Movimento**, v. 24, n. 2, p. 119-128.

CESCHINI, F. L. *et al.* Level of knowledge of physical education professionals about aerobic and resistance exercise prescription for elderly people. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 24, n. 6, p. 465-470.

CHAVES, R. G.; FERREIRA, T. H.; TAVARES, L. D. **Estratégias de recuperação e controle de carga de treinamento**. São Paulo: CREF4/SP, 2019.

CONFEE. **Paulo Calçade cita pobreza intelectual no futebol brasileiro**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3ZTUTlxhqnc>. Acesso em 06 dez. 2022.

FONTELLES, M. J. **Bioestatística aplicada à pesquisa experimental: volume 1.** São Paulo: Livraria da Física, 2012a.

FONTELLES, M. J. **Bioestatística aplicada à pesquisa experimental: volume 2.** São Paulo: Livraria da Física, 2012b.

GOEBEL, M. C.; BORGES, L. J.; BARBOSA, A. R. O conhecimento dos profissionais de Educação Física atuantes em academias de ginástica de Florianópolis, em relação às pessoas com Diabetes. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 18, n. 3, p. 309-316, 2013.

GONÇALVES, R. **O grande livro do Excel.** Barueri: Camelot, 2021.

MONTEIRO, L. Z. *et al.* Nível de conhecimento do Profissional de Educação Física frente a alunos com hipertensão arterial nas academias de ginástica. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 12, n. 4, p. 262-268, 2010.

MONTEIRO, L. Z. *et al.* Conhecimento do profissional de Educação Física frente à atuação com portadores de diabetes mellitus nas academias de ginástica de Fortaleza, CE. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 23, n. 2, p. 135-42, 2009.

MURER, E.; BRAZ, T. V.; LOPES, C. R. **Treinamento de força: saúde e performance humana.** São Paulo: CREF4/SP, 2019.

NAKAMURA, F. E.; MOREIRA, A.; AOKI, M. S. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **Revista da Educação Física/UEM**, v. 21, n. 1, p. 1-11, 2010.

PITANGA, F. J. G. [org.]. **Orientações para avaliação e prescrição de exercícios físicos direcionados à saúde.** São Paulo: CREF4/SP, 2019.

TEIXEIRA, L. E. C. *et al.* Grau de conhecimento dos profissionais de Educação Física sobre a prescrição de exercício físico para diabéticos. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 9, n. 29, p. 25-30, 2011.

CIÊNCIA DE DADOS: APLICAÇÃO REAL NO EXERCÍCIO FÍSICO

HENRIQUE STELZER NOGUEIRA

Introdução

Há uma necessidade de que cursos de graduação e pós-graduação lato sensu revejam suas matrizes curriculares, que não suprimam disciplinas básicas, como a bioestatística, que de fato capacitem profissionais para o atendimento na ponta, para assim justificar esforços no reconhecimento da profissão na área da saúde, com a possível inserção nas cartilhas da saúde suplementar (convênios médicos), no Sistema Único de Saúde, na melhor atuação em espaços de treinamento esportivo e físico para diversas finalidades e até mesmo no ensino básico.

O que será apresentado corresponde à aplicação real de conhecimentos básicos de ciência de dados, que adaptou as técnicas para pesquisa em programas de mestrado e doutorado para a aplicação na ponta profissional.

Exemplos reais de aplicação de ciência de dados na prática profissional

Para não ficar no campo teórico meramente e com a finalidade de demonstrar que o uso de ciência de dados é possível para a atuação profissional, seguem exemplos de própria autoria, com experiências como preparador físico de basquetebol de categorias de base, da esgrima e como personal trainer na área oncológica. Nos exemplos reais apresentados, para a criação de base de dados e

de tabelas dinâmicas, foram utilizadas rotinas como o proposto por Gonçalves (2021) e para os testes estatísticos comparativos foram seguidas as orientações de Fontelles (2012a; 2012b).

Experiência de aplicação de dados na preparação física em atletas de base de basquetebol

As redes sociais, principalmente as de maior apelo comercial como Instagram[®] e YouTube[®], possuem conteúdos sobre preparação física, em que em certos casos os métodos tradicionais ou clássicos são questionados por alguns indivíduos com propostas de elaboração de programas fora do método convencional em sala de musculação, com os conhecidos mercadologicamente por “treinos funcionais”.

Em certos casos, alguns proprietários de perfis no Instagram e de canal do YouTube afirmam que os treinos clássicos/tradicionais em sala de musculação não são efetivos para melhorar competências físicas para o basquetebol (salto, velocidade na corrida, agilidade, etc.), ou para prevenção de lesões, como exemplos: <https://www.instagram.com/coachrodrigogarcia/> e em algum grau <https://www.instagram.com/basquete.lab/>.

Outro questionamento que ocorre atualmente é sobre organizar o treinamento físico/esportivo em forma de periodização, com o argumento de que o esporte atual torna esse tipo de planejamento obsoleto, de forma que não haveria mais previsibilidade de fases durante o calendário esportivo de uma determinada modalidade esportiva.

Por fim, o que se convencionou denominar “treinamento funcional” atualmente recebe destaque e preferência por parte de alguns treinadores no campo esportivo, por entenderem que esse tipo de trabalho permitiria maior especificidade e transferência para a modalidade esportiva.

Na experiência como preparador físico em categorias de base do basquetebol, foi tida muita resistência por parte da gestão

e de colega que não assumia a importância de usar os instrumentos propostos, bem como falta de recurso material para aplicação de treinos, contudo ainda assim foi possível aplicar os conhecimentos científicos, conforme apresentado em maior amplitude em slides compartilhados pela plataforma academia.edu.

A amostra foi composta por atletas que não treinaram, ou treinaram de forma insuficiente para caracterizar foco em alto rendimento, nem competiram desde o início da pandemia do COVID-19, perpassando pelos picos mais graves de casos e óbitos, até que após 2 anos com o avanço da vacinação e redução dos casos e mortes pela doença, as atividades retornaram no ano de 2022 com as equipes federadas.

O programa de treinamento físico obedeceu formato adaptado de periodização (tabela 1), conforme sugerido por Charro, Allegretti e Figueira Junior (2018), Fleck e Kraemer (2006) e Bompa (2001), com monitoramento das cargas diárias de treino por meio da escala de Borg CR10 (gráfico 1) e monitoramento semanal de estresse psicobiológico e imunológico por meio dos questionários DALDA e WURSS-21 (Daily Analysis Of Life Demands In Athletes; Wisconsin Upper Respiratory Symptom Survey-21) respectivamente, que são instrumentos de monitoramento validados pela ciência e com ampla aplicação, inclusive no basquetebol (Chaves; Ferreira; Tavares, 2019; Buckley; Borg, 2011; Moreira; Cavazzoni, 2009; Barrett et al., 2009; Rushall, 1990), com dados apresentados pelas figuras 1 e 2.

Para o componente de força muscular (resistência de força e força máxima), os exercícios foram realizados inicialmente com tiras de borracha e pesos livres de baixa carga, tanto pelo perfil dos atletas, quanto pela falta de recursos materiais, mas que após melhora do condicionamento físico e com pequena aquisição de outros materiais no 2º semestre, como pelos atletas ingressarem em sala de musculação à parte, mas com prescrição elaborada pelo preparador físico, foi possível progredir as cargas.

Em geral, os exercícios de força muscular em sala de

musculação selecionados foram: agachamento, levantamento terra, leg press 45 graus, stiff, cadeira extensora, mesa flexora, cadeira flexora em pé, cadeira flexora sentado, cadeira abdutora, cadeira adutora, flexão plantar em pé, barra fixa, flexões de braço, supino reto, supino inclinado, crucifixo reto, desenvolvimento de ombros, levantamento lateral, tríceps polia alta, tríceps francês, rosca bíceps e encolhimento de ombros.

Para os exercícios de potência e velocidade, os exercícios foram o arremesso olímpico (clean and jerk) com suas variantes e sprint de corrida com tração de carga (pneus). A flexibilidade foi trabalhada por meio de exercícios de alongamento estático passivo e ativo para o corpo todo.

A resistência cardiorrespiratória foi desenvolvida naturalmente pelos treinos técnicos e táticos desenvolvidos em quadra pelo técnico da equipe. O core foi desenvolvido por exercícios variados, como pranchas, elevação pélvica, flexões do tronco (abdominais), etc.

O “treinamento funcional” foi adotado em alguns poucos momentos no decorrer do ano, com um total de 10 sessões de treino desse tipo de treinamento na fase preparatória específica.

Tabela 1. Periodização do treinamento físico desenvolvido durante o ano de 2022 para a categoria sub 14 masculina.

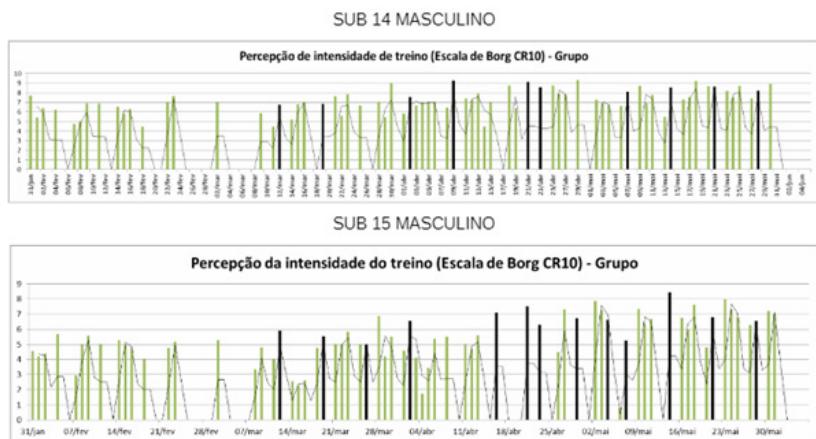
MACROCICLO - 2022					
MESES	FEVEREIRO-MARÇO	ABRIL-JUNHO	JULHO	AGOSTO-SETEMBRO	OUTUBRO-NOVEMBRO
FASES	PREPARATÓRIO GERAL	PREPARATÓRIO ESPECÍFICO	TRANSIÇÃO	COMPETITIVO 1	COMPETITIVO 2
CAPACIDADES FÍSICAS TREINADAS					
FLEXIBILIDADE	+++	+	+	+	+
CORE	+++	+	+	+	+
RESISTÊNCIA CARDIORRESPIRATÓRIA	+++	+++	+++	+++	+++
RESISTÊNCIA DE FORÇA	+++	+++	++	++	+
FORÇA MÁXIMA	+	++	++	+++	+++
POTÊNCIA/VELOCIDADE	+	++	++	++	+++

Fonte: acervo pessoal. Disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZAÇÃO%23%87%C3%83O

Em virtude do Campeonato Paulista de Basquetebol ter ocorrido por fases, em que durante o 1º semestre ocorreu a 1ª fase (inicial), em que as equipes ao final dessa fase seriam separadas

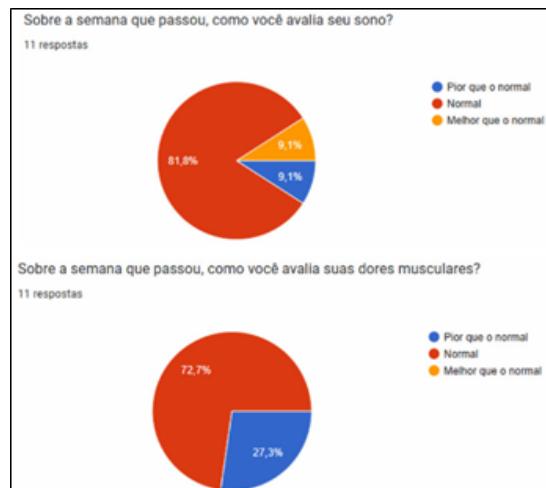
para a 2^a fase para classificação entre séries ouro, prata e bronze, que ocorreu no 2º semestre e assim classificarem para 3^a fase com semifinais e finais, a estratégia de utilizar primeiro o modelo de periodização de Matveyev, com 1 pico de performance ao final da 1^a fase, para depois utilizar o modelo de periodização de Verkhoshansky, com 2 picos de performance atingidos ao final da 2^a fase e na 3^a fase, com administração de overreaching “funcional”, se mostrou coerente com as características da competição.

Gráfico 1. Monitoramento da intensidade das cargas de treino no decorrer do 1º semestre de 2022 das categorias sub 14 e sub 15 masculinas.



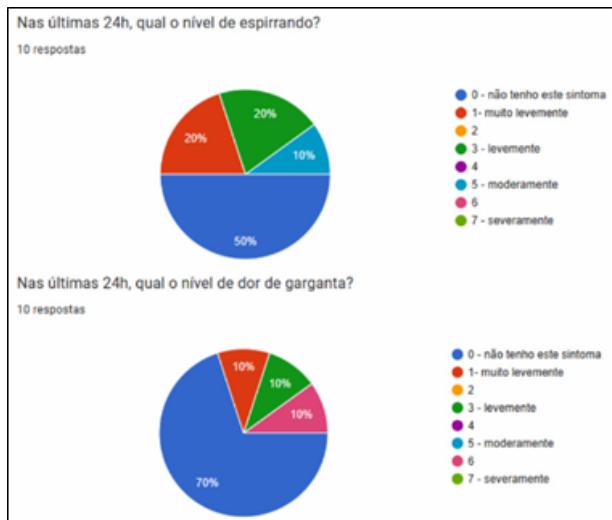
Fonte: acervo pessoal. Disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZACAO830

Figura 1. Dados parciais do questionário DALDA – sub 14 masculino.



Fonte: acervo pessoal. Disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZAC3%87%C3%83O

Figura 2. Dados parciais do questionário WURSS-21 – sub 14 masculino.

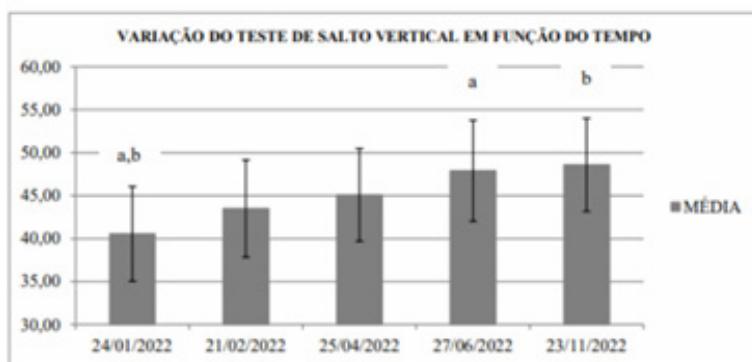


Fonte: acervo pessoal. Disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZAC3%87%C3%83O

Para comparar a evolução nas capacidades físicas testadas, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, que apontou distribuição normal dos dados para os testes físicos realizados. Desta forma, para comparações entre os momentos de avaliação, adotou-se o teste de ANOVA ONE-WAY com test post hoc de Tukey. Para todos os testes estatísticos foi adotado valor de significância de $p \leq 0,05$. Os dados do sub 14 masculino são apresentados pelos gráficos 2 até 5 e pela tabela 2.

Gráfico 2. Análise das alterações no teste de salto vertical de atletas de basquetebol da categoria sub-14 masculino durante a temporada de 2022.

SUB 14 MASCULINO



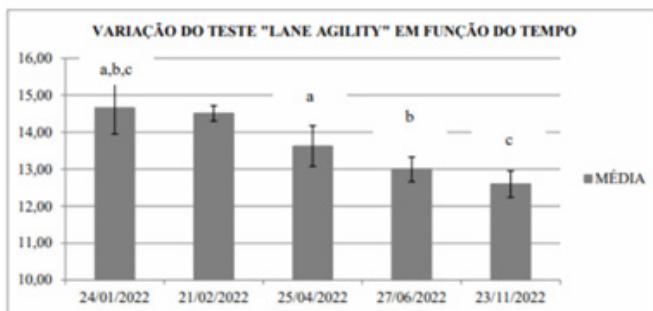
* melhora significativa na comparação entre janeiro e junho ($p \leq 0,05$);

† melhora significativa na comparação entre janeiro e novembro ($p \leq 0,05$).

Unidade = centímetros. Fonte: acervo pessoal disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZACAO87%83O

Gráfico 3. Análise das alterações no teste de agilidade de atletas de basquetebol da categoria sub-14 masculino durante a temporada de 2022.

SUB 14 MASCULINO



^a melhora significativa na comparação entre janeiro e abril ($p \leq 0,05$);

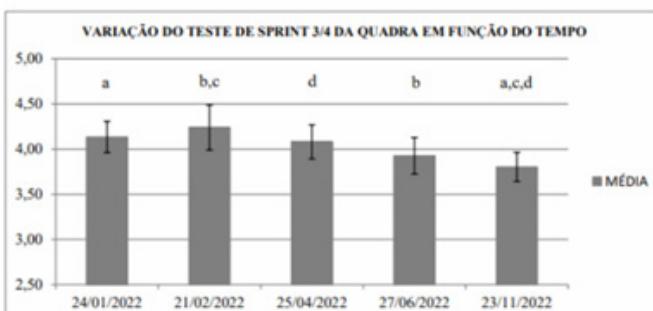
^b melhora significativa na comparação entre janeiro e junho ($p \leq 0,05$);

^c melhora significativa na comparação entre janeiro e novembro ($p \leq 0,05$).

Unidade: segundos. Fonte: acervo pessoal disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZACAO

Gráfico 4. Análise das alterações no teste de sprint de ¾ da quadra de atletas de basquetebol da categoria sub-14 masculino durante a temporada de 2022.

SUB 14 MASCULINO



^a melhora significativa na comparação entre janeiro e novembro ($p \leq 0,05$);

^b melhora significativa na comparação entre fevereiro e junho ($p \leq 0,05$);

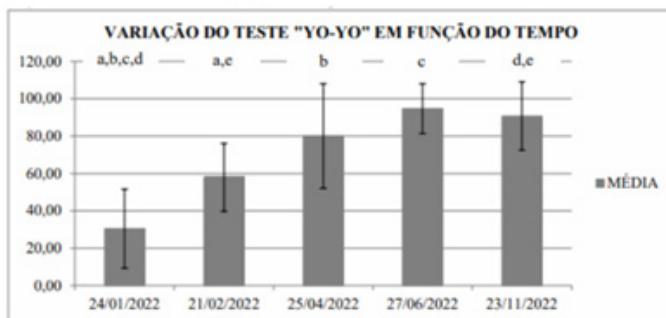
^c melhora significativa na comparação entre fevereiro e novembro ($p \leq 0,05$);

^d melhora significativa na comparação entre abril e novembro ($p \leq 0,05$).

Unidade: segundos. Fonte: acervo pessoal disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZACAO

Gráfico 5. Análise das alterações no teste yo-yo (quantidade de corridas) de atletas de basquetebol da categoria sub-14 masculino durante a temporada de 2022.

SUB 14 MASCULINO



^a melhora significativa na comparação entre janeiro e fevereiro ($p \leq 0,05$);

^b melhora significativa na comparação entre janeiro e abril ($p \leq 0,05$).

^c melhora significativa na comparação entre janeiro e junho ($p \leq 0,05$);

^d melhora significativa na comparação entre janeiro e novembro ($p \leq 0,05$).

^e melhora significativa na comparação entre fevereiro e novembro ($p \leq 0,05$).

Unidade: quantidade de corridas realizadas. Fonte: acervo pessoal disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZACAO

No decorrer do trabalho, conforme os dados eram coletados, haviam conversas com o técnico, discutia-se então as estratégias e a manipulação de cargas aplicadas e subsequentes, portanto os dados subsidiavam as tomadas de decisão por parte da comissão técnica.

Tabela 2. Análise das alterações no teste yo-yo (level—corrida) de atletas de basquetebol da categoria sub-14 masculino durante a temporada de 2022.

SUB 14 MASCULINO

	24/01/2022	21/03/2022	25/04/2022	27/06/2022	23/11/2022
1-7	MUITO FRACO	5-8	FRACO	5-6	FRACO
5-3	FRACO	8-3	MÉDIO	9-9	MUITO BOM
7-10	MÉDIO	9-6	BOM	13-12	EXCELENTE
2-1	MUITO FRACO	4-4	MUITO FRACO	6-5	REGULAR
6-9	REGULAR	5-5	FRACO	8-2	MÉDIO
7-5	MÉDIO	10-6	MUITO BOM	10-1	MUITO BOM
4-6	MUITO FRACO	7-3	REGULAR	9-7	BOM
2-5	MUITO FRACO	8-1	MÉDIO	10-9	MUITO BOM
3-1	MUITO FRACO	6-6	REGULAR	8-3	MÉDIO
		9-5	BOM	13-10	EXCELENTE
		7-6	MÉDIO	8-7	MÉDIO
		8-2	MÉDIO	10-5	MUITO BOM

O “level” e o número da corrida dentro do “level” está anotado como exemplo 5-3 (“level” 5 corrida 3).

Unidade: level-corrida. Fonte: acervo pessoal disponível em: https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZAC3%87%C3%83O

Os demais dados, inclusive de outras categorias, são encontrados pelo link:

https://www.academia.edu/96201275/TREINAMENTO_DESPORTIVO_PERIODIZAC3%87%C3%83O

A literatura aponta diversos benefícios do treinamento de força muscular para crianças e adolescentes, mais do que isso existem recomendações para que essa prática seja estimulada como forma de prevenção de doenças, melhora na mineração óssea (portanto é um mito enorme considerar que há risco de impedir ou reduzir o potencial de crescimento em estatura nessa fase), melhora cognitiva e de coordenação motora, melhora de condicionamento físico geral, inclusive força muscular (Gómez et al., 2021; Piercy et al., 2018; Larsen et al., 2018; Fleck; Kraemer, 2006).

Atletas de basquetebol, independente da faixa etária e gênero, apresentam maior densidade mineral óssea quando comparados com não atletas, nadadores, jogadores de futebol de campo e de voleibol, isso em virtude do constante estímulo aplicado pelos impactos de saltos em alto volume pela própria prática esportiva

(Stojanovic et al., 2020).

Além disso, atletas crianças que não realizam preparação física com conteúdos de força muscular podem apresentar redução de competências esportivas, como mudanças de direção, saltos e sprints, enquanto que atletas crianças que realizam preparação física com conteúdos de força muscular melhoram essas competências (Panagoulis et al., 2020).

Esses resultados mostram que os treinos técnicos e de habilidades em quadra com o técnico de basquetebol complementam os treinos da preparação física para o aumento de performance física. Portanto, o mais adequado é afirmar que a preparação física é capaz de melhorar especificamente competências físicas inerentes à modalidade esportiva, assim é nesse caminho que se deve atribuir essa transferência.

Experiência de aplicação de dados na preparação física em atletas de base de esgrima

Da experiência com equipe de base (idade entre 10 e 12 anos) da esgrima pelo Instituto Touché, com atendimento presencial realizado apenas 1 vez por semana e com lista de exercícios prescritos para realizarem nos demais dias da semana, a quantidade de atletas é muito baixa para sensibilizar o programa de estatística para as análises comparativas, apenas 4 atletas, porém isso não impediu que fosse realizada uma análise mínima de dados, mesmo que de forma mais simples, conforme apresentado pelas tabelas 2 até 10.

Tabela 2. Alteração no teste de prensão manual em função do tempo.

DINAMOMETRIA DE PRENSÃO MANUAL

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
23,10	21,60	-1,50	-6,49
15,20	21,80	6,60	43,42
20,60	22,40	1,80	8,74
23,80	22,90	-0,90	-3,78

Unidade: kgf

Melhora Média do Grupo = 1,50 (7,26%)

Fonte: acervo pessoal.

Tabela 3. Alteração no teste de arremesso de medicine ball em função do tempo.

ARREMESSO DE MEDICINE BALL 2 KG

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
334,00	348,00	14,00	4,19
283,00	331,00	48,00	16,96
308,00	332,00	24,00	7,79
195,00	313,00	118,00	60,51

Unidade: cm

Melhora Média do Grupo = 51,00 (18,21%)

Fonte: acervo pessoal.

Tabela 4. Alteração no teste de arremesso de salto em distância em função do tempo.

SALTO EM DISTÂNCIA

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
151,00	179,00	28,00	18,54
164,00	172,00	8,00	4,88
201,00	218,00	17,00	8,46
183,00	175,00	-8,00	-4,37

Unidade: cm

Melhora Média do Grupo = 11,25 (6,44%)

Fonte: acervo pessoal.

Tabela 5. Alteração no teste de flexões de braço em função do tempo.

FLEXÕES DE BRAÇO

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
1,00	5,00	4,00	400,00
5,00	30,00	25,00	500,00
16,00	31,00	15,00	93,75
31,00	42,00	11,00	35,48

Unidade: repetições

Melhora Média do Grupo = 13,75 (103,77%)

Fonte: acervo pessoal.

Tabela 6. Alteração no teste de abdominais em função do tempo.

ABDOMINAIS

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
20,00	30,00	10,00	50,00
24,00	25,00	1,00	4,17
27,00	45,00	18,00	66,67
26,00	39,00	13,00	50,00

Unidade: repetições

Melhora Média do Grupo = 10,50 (43,30%)

Fonte: acervo pessoal.

Tabela 7. Alteração no teste de velocidade de 5 metros em função do tempo.

VELOCIDADE 5 METROS

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
1,38	1,19	-0,19	-13,77
1,38	1,15	-0,23	-16,67
1,40	1,13	-0,27	-19,29
1,07	1,19	0,12	11,21

Unidade: segundos

Melhora Média do Grupo = -0,40 (-10,90%)

Fonte: acervo pessoal.

Tabela 8. Alteração no teste shuttle run em função do tempo.

SHUTTLE RUN

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
11,31	10,91	-0,40	-3,54
11,26	10,94	-0,32	-2,84
10,52	9,44	-1,08	-10,27
10,92	11,18	0,26	2,38

Unidade: segundos

$$\text{Melhora Média do Grupo} = -0,39 \text{ (-3,50\%)}$$

Fonte: acervo pessoal.

Tabela 9. Alteração no teste yo-yo em função do tempo.

YOYO TEST – METROS

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
320	600	280	87,50
340	680	340	100,00
1000	1280	280	28,00
760	1260	500	65,79

Unidade: quantidade de corridas

$$\text{Melhora Média do Grupo} = 17,50 \text{ (57,85\%)}$$

Fonte: acervo pessoal.

Tabela 10. Alteração no RMSSD em repouso em função do tempo.

**VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA – RMSSD
ATIVIDADE PARASSIMPÁTICA – REGULAÇÃO AUTONÔMICA**

JUN/24	SET/24	DIFERENÇA ABSOLUTA	DIFERENÇA RELATIVA (%)
58,51	45,52	-12,99	-22,20
46,06	83,02	36,96	80,24
60,49	48,42	-12,07	-19,95
84,49	85,18	0,69	0,82

Unidade: ms

$$\text{Melhora Média do Grupo} = 3,15 \text{ (5,05\%)}$$

Fonte: acervo pessoal.

Experiência de aplicação de dados no serviço de personal training de paciente oncológica

Em experiência com atendimento de paciente oncológica, mesmo que para uma análise individual, também foi possível verificar a evolução no questionário de fadiga clínica (PIPER) que também é aplicado em pacientes oncológicas. Os gráficos 1 até 4, resumem essa análise.

Gráfico 1. Variação semanal dos sintomas de fadiga no domínio comportamental – PIPER.



Fonte acervo pessoal. Disponível em: https://www.academia.edu/123296768/IHRS_A_FITNESS_BRASIL_PROFSSIONAL_DE_EDUCA%C3%87%C3%83O_F%C3%83DSICA_ATUANDO_NA_%C3%81REA_ONCOL%C3%93GICA_ATUALIZA%C3%87%C3%95ES

Gráfico 2. Variação semanal dos sintomas de fadiga no domínio afetivo – PIPER.



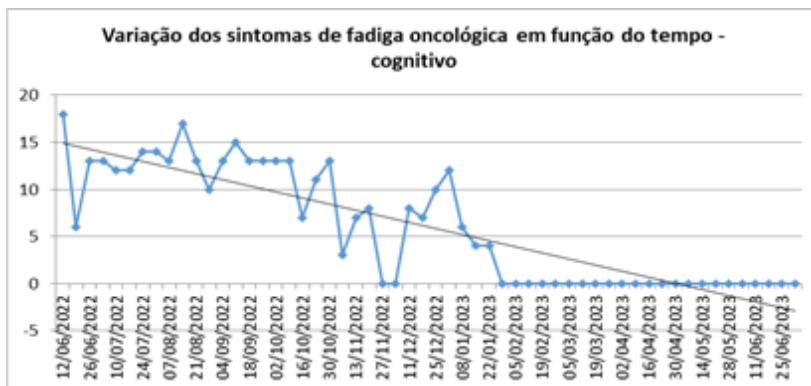
Fonte acervo pessoal. Disponível em: https://www.academia.edu/123296768/IHRSA_FITNESS_BRASIL_PROFESSSINAL_DE_EDUCA%C3%87%C3%83O_F%C3%8DSICA_ATUANDO_NA_%C3%81REA_ONCOL%C3%93GICA_ATUALIZA%C3%87%C3%95ES

Gráfico 3. Variação semanal dos sintomas de fadiga oncológica no domínio sensorial – PIPER.



Fonte acervo pessoal. Disponível em: https://www.academia.edu/123296768/IHRSA_FITNESS_BRASIL_PROFESSSINAL_DE_EDUCA%C3%87%C3%83O_F%C3%8DSICA_ATUANDO_NA_%C3%81REA_ONCOL%C3%93GICA_ATUALIZA%C3%87%C3%95ES

Gráfico 4. Variação semanal dos sintomas de fadiga oncológica no domínio cognitivo – PIPER.



Fonte acervo pessoal. Disponível em: https://www.academia.edu/123296768/IHRSA_FITNESS_BRASIL_PROFESSSIAL_DE_EDUCA%C3%87%C3%83O_F%C3%88DSICA_ATUANDO_NA_%C3%81REA_ONCOL%C3%93GICA_ATUALIZA%C3%87%C3%95ES

Considerações finais

BARRETT, B. *et al.* Validation of a short form of Wisconsin Upper Respiratory Symptom Survey (WURSS-21). **Health and Quality of Life Outcomes**, v. 7, 2009. doi: 10.1186/1477-7525-7-76.

BOMPA, T. **A periodização no treinamento esportivo.** 1. ed. Barueri: Manole, 2001.

BORG, G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. **Scandinavian Journal of Work, Environment and Health**, v. 16, p. 55-8, 1990 (suplemento 1).

BUCKLEY, J. P.; BORG, G. A. V. Borg's scales in strength training; from theory to practice in young and older adults. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 36, p. 682-92, 2011.

CHARRO, M. A.; ALLEGRETTI, J. G.; FIGUEIRA JUNIOR, A. J. **Musculação: estruturação do treinamento e controle de carga.** São Paulo: CREF4/SP, 2018.

CHAVES, R. G.; FERREIRA, T. H. N.; TAVARES, L. D. **Estratégias de recuperação e controle de carga de treinamento.** São Paulo: CREF4/SP, 2019.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FONTELLES, M. J. **Bioestatística aplicada à pesquisa experimental: volume 1.** São Paulo: Livraria da Física, 2012a.

FONTELLES, M. J. **Bioestatística aplicada à pesquisa experimental: volume 2.** São Paulo: Livraria da Física, 2012b.

GÓMEZ, A. L. *et al.* Resistance training and milk-substitution enhance body composition and bone health in adolescent girls. **Jurnal of the American College of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 193-210, 2021.

GONÇALVES, R. **O grande livro do Excel.** Barueri: Camelot, 2021.

LARSEN, M. N. *et al.* Positive effects on bone mineralisation and muscular fitness after 10 months of intense school-based physical training for children aged 8-10 years: the FIT FIRST randomised

controlled trial. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 4, p. 254-60, 2018.

MOREIRA, A.; CAVAZZONI, P. B. Monitorando o treinamento através do wisconsin upper respiratory symptom survey -21 e daily analysis of life demands in athletes nas versões em língua portuguesa. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 20, n. 1, p. 109-19, 2009.

PANAGOULIS, C. *et al.* In-season integrative neuromuscular strength training improves performance of early-adolescent soccer athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 2, p. 516-26, 2020.

PIERCY, K. L. *et al.* The Physical activity guidelines for americans. **Journal of American Medical Association**, 2018.

RUSHALL, B. S. A tool of measuring stress tolerance in elite athletes. **Applied Sport Psychology**, v. 2, p. 51-66, 1990.

STOJANOVIĆ, E. *et al.* Basketball players possess a higher bone mineral density than matched non-athletes, swimming, soccer, and volleyball athletes: a systematic review and meta-analysis. **Archives of Osteoporosis**, v. 15, n. 1, 2020.

Capítulo 17

DESAFIOS E PERCEPÇÕES: BARREIRAS PARA A PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

ANDRÉ LUÍS RODRIGUES SANTOS

GILDEENE DA SILVA FARIAS

LUIS CARLOS DE OLIVEIRA

AYLTON FIGUEIRA JÚNIOR

Introdução

A prática de atividade física (AF) é amplamente reconhecida como uma das estratégias mais eficazes e a de menor custo para a promoção da saúde e prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) (Winpenny et all, 2020). No contexto educacional, incentivar e facilitar essa prática é essencial, não apenas pelos benefícios físicos, mas também pelos impactos no bem-estar mental, social e no desenvolvimento cognitivo dos estudantes (OMS, 2022), além de projetar o hábito saudável e benefícios à saúde para vida adulta (Winpenny et all, 2020). Entretanto, apesar dos esforços globais e nacionais, como os programas de incentivo à AF nas escolas brasileiras, os níveis de sedentarismo entre crianças, adolescentes e adultos jovens continuam preocupantes, e com projeções de ampliação até 2035. (World Obesity Federation, 2024).

Este capítulo tem como objetivo discutir os desafios e percepções: barreiras para a prática de atividade física no contexto educacional, dividido em 5 tópicos: (1) Visão geral das políticas e diretrizes educacionais relacionadas à atividade física no contexto

escolar; (2) Importância da prática de atividade física e barreiras percebidas no contexto educacional; (3) Barreiras à Atividade Física na Infância; (4) Desafios para a Prática de Atividade Física entre Adolescentes e (5) A Prática de Atividade Física no Ensino Superior. A fragmentação tem como objetivo discutir o cenário e principais barreiras que limitam a prática regular de AF no ambiente escolar e universitário, abordando os desafios enfrentados por diferentes grupos etários, desde a infância até a fase adulta de uma forma mais organizada. Desejamos uma excelente leitura.

Visão geral das políticas e diretrizes educacionais relacionadas à atividade física no contexto escolar.

A educação física (EF) nas escolas é um componente essencial da educação básica no Brasil, conforme estabelecido na Base Nacional Comum Curricular (Brasil 2018). A educação física une aspectos de educação e saúde, oferecendo conhecimento, aprendizado e vivências corporais que beneficiam várias dimensões da saúde, como a física e motora, psicológica, social e ambiental, além da cognitiva (TOMPSETT *et al.*, 2017). Assim, diversas estratégias com objetivo de prática de atividades física têm sido analisadas e colocadas em prática, relacionadas a aspectos como política e ambiente, currículo, orientações adequadas e avaliação dos alunos, visando promover um impacto positivo na vida e na saúde dos estudantes (BESSA *et al.*, 2019).

A contribuição positiva das aulas de educação física escolar para a saúde tem sido fundamental na elaboração de recomendações para a EF em diversos países (GARCÍA-HERMOSO *et al.*, 2020). Foram registrados benefícios em indicadores de saúde física e motora, como a aptidão cardiorrespiratória e as habilidades motoras básicas; na saúde psicológica, incluindo engajamento, motivação, autonomia, afetividade e redução da ansiedade e depressão; e na saúde socioambiental, destacando a empatia, a cooperação, a formação de amizades e comportamentos pró-sociais (BESSA *et al.*, 2019).

A promoção da saúde se transforma em uma política pública no Brasil, com a escola sendo um ambiente propício para a implementação de recursos educativos voltados a esse objetivo. Portanto, iniciativas governamentais sustentam essas estratégias no ambiente escolar, como o Programa Saúde na Escola, Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). O Programa Saúde na Escola (PSE) foi criado no Brasil em 2007, por meio do Decreto Presidencial nº 6.286, de 5 de setembro de 2007, como uma iniciativa de política pública que integra os setores de educação e saúde (BRASIL, 2022).

Entre as ações previstas no programa, destacam-se: promoção da atividade física; saúde ambiental; alimentação saudável e prevenção da obesidade; incentivo à cultura de paz e aos direitos humanos; prevenção da violência e de acidentes; combate a doenças negligenciadas; verificação do estado vacinal; saúde sexual e reprodutiva, além da prevenção ao Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) e a Infecções Sexualmente Transmissíveis (IST); prevenção ao uso de álcool, tabaco e outras drogas; saúde bucal; saúde auditiva; saúde ocular; e medidas de prevenção à Covid-19, incorporadas em julho de 2020 (BRASIL, 2022).

Em relação à promoção da atividade física, a literatura científica destaca os benefícios dessa prática para a saúde de indivíduos de todas as idades. Para crianças e jovens, os efeitos positivos estão associados a diversos aspectos, como o desenvolvimento humano, a melhoria da socialização, a saúde cardiovascular e a condição física. Além disso (BRASIL, 2021). Para esse grupo, a prática de atividade física auxilia no desenvolvimento de habilidades motoras, melhora o humor, reduz a sensação de estresse, ajuda a manter um peso corporal saudável e contribui para um melhor desempenho escolar. É importante ressaltar que o PSE abrange estudantes de todos os níveis de ensino, desde a creche até a educação de jovens e adultos, com a maioria dos participantes sendo alunos do Ensino Fundamental (BRASIL, 2021).

O PSE promove ações intersetoriais e mobiliza parceiros na rede de atenção básica à saúde e no ensino fundamental

público, visando aprimorar o cuidado individual e coletivo, além de reduzir riscos e agravos que afetam crianças e adolescentes. O objetivo é ampliar os mecanismos de enfrentamento e garantir um cuidado integral. Desde sua implementação, o PSE tem registrado avanços significativos, mas também enfrenta importantes desafios. Sua agenda de adesões, expandida nos marcos regulatórios, é frequentemente debatida no contexto das interconexões entre os setores.

Já o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), criado em 1995 e inicialmente denominado “Campanha de Merenda Escolar”, é uma das políticas públicas mais antigas do Brasil e um dos maiores programas de alimentação escolar do mundo. (PEDRAZA *et al.*, 2018). O PNAE tem como principal objetivo garantir aos estudantes uma alimentação digna, assegurando pelo menos uma nutrição segura e de qualidade. Com o programa, todos os alunos matriculados na educação básica, incluindo as etapas de educação infantil (creche e pré-escola), ensino fundamental e ensino médio, são atendidos. Além disso, o PNAE beneficia também estudantes indígenas, quilombolas, aqueles que recebem Atendimento Educacional Especializado (AEE), e os matriculados na Educação de Jovens e Adultos (EJA) em escolas públicas, filantrópicas, conveniadas com o poder público e instituições confessionais, assim como nas escolas federais. Esses estabelecimentos recebem recursos financeiros da União por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) (FERREIRA *et al.*, 2019).

Diante desse contexto, é fundamental promover ações e políticas que incentivem a atividade física nas escolas, especialmente aquelas ligadas à Atenção Primária à Saúde (APS), que é o foco de atuação do PSE. Isso visa encorajar sistemas, sociedades e indivíduos a se tornarem mais ativos. Também é essencial capacitar gestores e profissionais de educação e saúde com documentos orientadores, como o “Guia de Atividade Física para a População Brasileira”, as Recomendações para Gestores e Profissionais de Saúde e os Cadernos Temáticos do PSE, elaborados pela gestão federal, que

têm como um de seus objetivos estimular a oferta de práticas de atividade física nas escolas.

Importância da prática de atividade física e barreiras percebidas no contexto educacional.

É fundamentado na literatura que a prática de atividade física (AF) traz inúmeros benefícios; estes estão alinhados ao conceito de saúde, abrangendo aspectos físicos, sociais e psicológicos (OMS, 2022). Nessa perspectiva, a adoção de ferramentas para identificação frente essa problemática, tornam-se imprescindíveis. A avaliação das barreiras percebidas é crucial, pois, referem-se às dificuldades subjetivas percebidas por indivíduos que podem impedir ou desencorajar a adoção de comportamentos saudáveis, como a prática de AF.

A prática regular de AF desempenha um papel crucial na prevenção e controle de complicações relacionadas às doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), responsáveis por 41 milhões de mortes anualmente em todo o mundo (OMS, 2023). Adicionalmente, prejuízos ao erário público na ordem de 1,14 bilhão/ano, somente no Brasil (Bielemann, 2010).

Neste sentido, múltiplos esforços estão sendo realizados para ampliar os níveis de AF nos diversos públicos, em especial para pessoas mais jovens, onde os impactos precoces, são focos de maiores discussões. No entanto, mesmo com as ações e metas estabelecidas, parece que elas não estão produzindo os resultados esperados. (World Obesity Federation, 2024).

Nessa perspectiva, a adoção de ferramentas para identificação frente essa problemática, tornam-se imprescindíveis. A avaliação das barreiras percebidas é crucial, pois, referem-se às dificuldades subjetivas percebidas por indivíduos que podem impedir ou desencorajar a adoção de comportamentos saudáveis, como a prática de AF (ref). Essas barreiras podem incluir fatores pessoais, como falta de motivação, baixa autoestima e dificuldade de gestão

do tempo, que têm sido identificadas como as principais barreiras (Rigoni, 2012; Sousa, 2010). É crucial compreender que a falta de tempo não é meramente uma desculpa, mas sim um reflexo das dificuldades organizacionais enfrentadas por muitos adultos em equilibrar suas atividades diárias (Rech et al., 2018),, barreiras ambientais, como a ausência de espaços adequados para a prática de exercícios (Sousa, 2010), além de barreiras sociais, como a falta de apoio de amigos e familiares, e econômicas, como a dificuldade de acesso a academias ou equipamentos, que influenciam a decisão e a capacidade de se engajar regularmente em atividades físicas.

Eventos e transições ao longo da vida exercem um impacto negativo significativo sobre a AF e outros comportamentos de estilo de vida (Winpenny et al., 2020), o que representa um desafio adicional para a manutenção de hábitos saudáveis durante períodos de mudança, particularmente entre os universitários (Ferreira Silva et al., 2022). Evidências indicam uma diminuição na AF durante a transição da adolescência para a idade adulta, com uma redução média de 5,2 minutos por dia de atividade física de intensidade moderada a vigorosa (Corder et al., 2019). Assim, o objetivo do escopo do capítulo é discorrer sobre os desafios e percepções enfrentadas pelas por esse segmento da população no percurso formativo da educação básica e superior

Barreiras percebidas à prática de AF entre universitários podem ser atribuídas a diversas dimensões, incluindo fatores psicológicos, emocionais, cognitivos, ambientais, socioeconômicos e demográficos, como falta de tempo, motivação, acessibilidade a locais apropriados e limitações financeiras (Ferreira Silva et al., 2022). Este estudo visa explorar e quantificar essas barreiras específicas para a prática de AF no lazer entre estudantes universitários, proporcionando uma compreensão mais profunda dos fatores que influenciam seus comportamentos de saúde.

Barreiras à atividade física na infância

Nesta seção, será abordado o cenário das crianças no contexto educacional. A prática de atividade física na infância e sua fundamental contribuição para o equilibrado desenvolvimento motor e social, além de prevenir problemas de saúde na fase adulta. Entretanto, inúmeras barreiras pessoais e ambientais são reportados na literatura, dentre elas, se destacam: a falta de locais adequados para brincar, a crescente urbanização, e o aumento do tempo de tela, esses são fatores que inibem o engajamento das crianças em atividades físicas regulares (Sousa, 2010). Além disso, o papel da família e da escola como influenciadores do comportamento infantil será discutido.

A prática regular de exercícios físicos desempenha um papel essencial no desenvolvimento saudável de crianças, contribuindo para a prevenção de doenças e a promoção de saúde nos seus diversos parâmetros (Cali & Caprio, 2008). É fundamentado na literatura, que o baixo nível de atividade física entre crianças é preocupante, mesmo entre aquelas com peso adequado. Essa falta de atividade pode impactar benefícios no desenvolvimento motor e na saúde geral, afetando capacidades físicas como força, resistência e flexibilidade (Cairney et al., 2005). Além disso, esse quadro pode desencadear distúrbios metabólicos, que alertam para o aumento de doenças como obesidade e diabetes tipo 2 em populações infantis (Eliakim et al., 2001; Sung et al., 2009).

Nessa perspectiva, a obesidade infantil tem aumentado de forma alarmante nas últimas décadas, principalmente devido à mudança nos hábitos alimentares e ao aumento do sedentarismo (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2012). Estudos apontam que a obesidade é uma condição multifatorial, envolvendo fatores genéticos, comportamentais e ambientais (Leal et al., 2012). No Brasil, entre 2008 e 2010, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) acordou que entre 25% e 40% das crianças apresentavam sobrepeso, com variações regionais. Cerca de um terço dos meninos e meninas com excesso de peso foram classificados

como obesos

As consequências da obesidade vão além de questões físicas, afetando também o desenvolvimento psicossocial e o desempenho escolar das crianças. Crianças obesas enfrentam maiores riscos de distúrbios cardiovasculares, infecções e distúrbios metabólicos, além de dificuldades de socialização e baixa autoestima devido à exclusão social (Oliveira & Fisberg, 2003). Outro ponto importante é que 80% das crianças obesas tendem a se tornar adultos obesos, aumentando os riscos para a saúde ao longo da vida.

Diversos estudos confirmam que a prática regular de atividades físicas e aulas estruturadas em ambientes institucionalizados como na escola, especialmente exercícios aeróbios e de força, pode reduzir os níveis de obesidade em crianças e adolescentes (Yu et al., 2008; Rossetti et al., 2009). Além de melhorar a composição corporal, a atividade física promove benefícios metabólicos, como melhor perfil lipídico e níveis mais equilibrados de insulina (Zorba et al., 2011).

Outro aspecto relevante é que a prática de exercícios, além de prevenir doenças crônicas, está relacionada ao aumento da força muscular e à melhoria das capacidades motoras e cognitivas (Tornquist, et al., 2014). A introdução de programas de exercícios nas escolas tem sido uma das estratégias mais eficazes para promover a saúde e combater o sedentarismo infantil. O ambiente escolar oferece a oportunidade ideal para disciplinas, por ser um espaço de socialização e aprendizagem, onde as crianças podem adotar hábitos de vida saudáveis desde cedo (Kriemler et al., 2019).

O professor de educação física desempenha um papel central na promoção de hábitos saudáveis em crianças e adolescentes. A adoção de programas de exercícios físicos bem planejados e ajustados à faixa etária das crianças pode contribuir para a prevenção de doenças e a promoção da saúde (Tornquist, et al., 2014). Estudos demonstram que aumentar a quantidade e a qualidade dos estímulos motores em sessões de exercícios é mais eficaz para modificar parâmetros morfológicos e funcionais do que

simplesmente aumentar o número de sessões (Sallis, 2012)

Além disso, disciplinas que integram a família e a escola têm mostrado sucesso na promoção de mudanças comportamentais e na redução do sedentarismo infantil. Abordagens que incentivam a participação dos pais e da comunidade escolar na promoção da atividade física são fundamentais para garantir resultados positivos e duradouros (Tornquist, et al., 2014).

Desafios para a prática de atividade física entre adolescentes

A adolescência é uma etapa marcada pelo crescimento e desenvolvimento dos aspectos físicos e cognitivos, e marcada por uma transição de fatores emocionais e sociais que tem o potencial de afetar o engajamento em atividades físicas. É reportado na literatura um declínio dos níveis de atividade física em todas as idades, e em múltiplos contextos, em especial para a população mais jovem (Corder et al., 2019). Adicionalmente, a atividade física é um componente essencial para a saúde e o bem-estar dos adolescentes, o Guia de Atividade Física e Saúde para População Brasileira, corrobora com essa afirmativa e preconiza um volume mínimo de 60 minutos por dia de atividade física moderada/vigorosa, podendo ser divididas em blocos durante o transcorrer do dia. Entretanto, o ambiente escolar muitas vezes não oferece oportunidades adequadas para a prática de atividade física, o que pode impactar ainda mais o comportamento dos adolescentes.

Nesse sentido, diversos documentos são produzidos com intuito de estabelecer métricas para direcionamento de ações e políticas públicas, dentre estes documentos, destaca-se o produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que recentemente, analisou dados da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), e revelou uma preocupação importante para o público jovem: a redução nos níveis de atividade física entre adolescentes brasileiros no intervalo temporal dos anos de 2009 e

2019.

Os dados desta pesquisa englobaram aproximadamente 400.000 adolescentes, com idades entre 13 e 17 anos, coletados em quatro edições da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), publicada trienalmente, abrangendo o período de 2009 a 2019. Os resultados indicaram uma queda importante no percentual de adolescentes ativos, que declinou de 43,1% em 2009 para apenas 18,2% em 2019. Essa diminuição não apenas reflete uma possível mudança no comportamento dos jovens, mas também aponta para um possível aumento nas taxas de sedentarismo, que podem ter repercuções negativas na saúde pública, contribuindo para as conhecidas como doenças hipocinéticas, (obesidade, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares) são exemplos clássicos.

Além disso, a média de atividade física de intensidade moderada à vigorosa apresentou uma redução importante, reduzindo de 318,4 minutos por semana em 2009 para cerca de 159,2 minutos em 2019, o que representa uma queda de 50%. Essa queda é ainda mais acentuada quando se analisa a prática de educação física nas escolas: as meninas apresentaram uma média semanal inferior a 50 minutos de atividade, enquanto os meninos superaram os 60 minutos nas quatro edições da PeNSE. A diferença entre os sexos é evidente e sugere a necessidade de abordagens específicas para incentivar a atividade física entre meninas, que parecem estar em desvantagem nesse contexto. Essa disparidade pode ser atribuída a fatores culturais, sociais e até mesmo a questões de autoestima, que influenciam a forma como meninas e meninos se engajam em atividades físicas.

A análise também destacou que, em 2019, 22,7% das meninas relataram não ter tido aulas de educação física, enquanto o percentual para os meninos foi de 19,7%. A ausência de educação física nas escolas é um fator crucial que pode contribuir para a redução da atividade física entre adolescentes. A educação física não apenas promove habilidades motoras, mas também é uma oportunidade para desenvolver hábitos saudáveis e o gosto por atividades físicas, que podem se estender ao longo da vida. Essas

estatísticas reforçam a importância das aulas de educação física no currículo escolar, uma vez que elas podem atuar como um estímulo vital para aumentar a atividade física entre os jovens.

Em relação ao comportamento sedentário, o estudo identificou uma redução no hábito de assistir televisão, mas um aumento no tempo sentado, que subiu de 50,1% em 2009 para 54% em 2019. Este aumento no tempo sentado é preocupante, pois indica uma tendência em que os adolescentes estão se tornando cada vez mais inativos, o que pode ter consequências adversas para sua saúde física e mental. O sedentarismo está associado a riscos como depressão, ansiedade e baixa autoestima, que são especialmente relevantes durante a adolescência, um período crítico para o desenvolvimento emocional e psicológico.

Diante desse cenário alarmante, é imperativo que políticas públicas sejam implementadas para promover a atividade física entre adolescentes. Uma recomendação urgente é o aumento da frequência das aulas de educação física nas escolas, sugerindo que elas ocorram, no mínimo, três vezes por semana (BRASIL, 2021). Essas políticas não apenas ajudariam a reverter a tendência de sedentarismo, mas também poderiam contribuir para a formação de hábitos saudáveis que perdurem ao longo da vida. Além disso, campanhas de conscientização que envolvam pais, educadores e a comunidade em geral podem ser fundamentais para criar um ambiente que valorize e incentive a atividade física.

Intervenções que promovam a prática de esportes e atividades recreativas fora do ambiente escolar também são essenciais. A criação de espaços públicos adequados, como parques e áreas de lazer, pode incentivar adolescentes a se envolverem em atividades físicas de forma espontânea e prazerosa. Programas comunitários que ofereçam aulas de esportes e atividades ao ar livre podem engajar os jovens e ajudar a reduzir o sedentarismo, além de promover a socialização e o desenvolvimento de habilidades interpessoais.

Em conclusão, a análise dos dados da PeNSE revela

uma tendência preocupante na redução da atividade física entre adolescentes brasileiros. A diminuição no percentual de adolescentes ativos, acompanhada pelo aumento do tempo sentado e pela redução nas aulas de educação física, destaca a necessidade urgente de intervenções eficazes. Ao promover uma maior atividade física nas escolas e na comunidade, será possível não apenas melhorar a saúde dos adolescentes, mas também criar uma base sólida para um estilo de vida ativo e saudável no futuro. A implementação de políticas públicas eficazes, juntamente com o envolvimento de toda a sociedade, é fundamental para reverter essa tendência e garantir um futuro mais saudável para a juventude brasileira.

A prática de atividade física no ensino superior

A prática regular de atividades físicas é considerada essencial para promover aspectos positivos da saúde, considerando-se que um baixo nível de atividade física está relacionado ao surgimento de doenças como diabetes, infarto do miocárdio, doença arterial coronariana, câncer e obesidade (AZEVEDO *et al.*, 2019). Além disso, é um dos fatores que aumentam as taxas de mortalidade, elevam os riscos de hospitalizações e geram problemas psicosociais, resultando em altos custos para a saúde pública, o que apesar de serem reconhecidos os danos, tanto individuais quanto coletivos, resultantes do baixo nível de atividade física, e nas últimas décadas tem-se observado uma tendência de queda nos níveis de atividade das populações (SILVA *et al.*, 2021).

Diante disso, percebe-se que esse fenômeno se tornou um importante campo de investigação, especialmente em relação a adolescentes e jovens universitários, devido a dois fatores: a entrada na universidade traz novas relações sociais e a possibilidade de um estilo de vida sedentário, e a juventude é um período propício para implementar medidas preventivas, quando o estilo de vida e a independência estão se consolidando (ALKHAWALDEH *et al.*, 2024a). Embora haja diversas informações sobre a importância de um estilo de vida saudável, estudos comportamentais mostram

que os estudantes têm adotado, cada vez mais, comportamentos considerados de risco à saúde, e pesquisadores de diversas regiões têm mostrado preocupação com o nível de atividade física da população, portanto estudos apontam que é na fase jovem que a pessoa define em grande parte seu estilo de vida, geralmente ao concluir o ensino médio e iniciar uma carreira acadêmica (ALKHAWALDEH *et al.*, 2024b; ALMUTAIRI *et al.*, 2018).

Pesquisas mostram que os estudantes de graduação costumam apresentar baixos níveis de atividade física (MASELLI *et al.*, 2018). Estatísticas indicam que aproximadamente 80% dos jovens não cumprem as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre atividade física (GUTHOLD *et al.*, 2020). Por outro lado, outras pesquisas se concentraram em explorar as barreiras, benefícios e fatores percebidos que influenciam a atividade física entre estudantes universitários (ALKHAWALDEH *et al.*, 2024a; NASCIMENTO *et al.*, 2017).

Considerando o aumento do número de universitários nos últimos anos, especialmente na região Nordeste do Brasil, a elevada prevalência de inatividade física entre eles e a reconhecida desigualdade social no país, obter informações sobre os principais obstáculos à prática de atividades físicas no lazer pode ajudar na implementação de ações institucionais para promover essa prática, utilizando preferencialmente os espaços disponíveis nas universidades. No entanto as barreiras percebidas à prática de AF entre universitários podem ser atribuídas a diversas dimensões, incluindo fatores psicológicos, emocionais, cognitivos, ambientais, socioeconômicos e demográficos, como falta de tempo, motivação, acessibilidade a locais apropriados e limitações financeiras (Ferreira Silva *et al.*, 2022).

Evidências apresentam resultados para barreiras percebidas em populações universitárias, como a falta de motivação para exercitar-se, a sensação de cansaço, as obrigações acadêmicas e a escassez de recursos financeiros estão associadas à inatividade física durante o lazer (NASCIMENTO *et al.*, 2017). Considerando como subgrupos populacionais, os universitários têm apresentado uma

alta prevalência de baixos níveis de atividade física, e nesse contexto, entender os fatores que influenciam o Nível de Atividade Física (NAF) nas diferentes esferas sociais pode ajudar na formulação e implementação de políticas públicas que promovam a prática de atividades físicas.

Resumo dos principais pontos discutidos.

Este capítulo foi idealizado para enfatizar a importância da prática da atividade física (AF) como uma ferramenta essencial para a promoção da saúde e a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Ele destaca os benefícios da AF tanto no contexto escolar nos diversos níveis, quanto universitário, ressaltando o impacto positivo da atividade física no desenvolvimento holístico do indivíduo. Apesar dos benefícios amplamente reconhecidos, os níveis de sedentarismo entre crianças, adolescentes e adultos jovens continuam preocupantes, com crescimento exponencial e projeções importantes de aumento até 2035.

O capítulo está estruturado em cinco tópicos principais, começando com a importância da prática de AF e as barreiras percebidas no contexto educacional. A educação física escolar é essencial para a saúde e o desenvolvimento das crianças, mas enfrenta desafios que limitam sua efetividade, como a falta de políticas adequadas e barreiras ambientais e pessoais. Programas como o Programa Saúde na Escola (PSE) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) são destacados como iniciativas que buscam promover a saúde por meio da atividade física nas escolas, com foco em alunos de todos os níveis de ensino.

O segundo tópico aborda as barreiras à AF na infância, onde a falta de locais adequados, o aumento do tempo de tela e a urbanização crescente são identificados como fatores limitantes. O terceiro tópico foca nos desafios enfrentados pelos adolescentes, especialmente a redução dos níveis de FA observados na transição para a vida adulta, conforme revelado por dados da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE).

O capítulo também discute o cenário universitário, onde barreiras como falta de tempo, motivação e recursos financeiros prejudicam a prática de AF. Estudos mostram que os universitários apresentam níveis insuficientes de atividade física, apesar do reconhecimento dos benefícios para a saúde. A falta de políticas e incentivos para o treinamento nas universidades é um obstáculo adicional.

Por fim, o texto conclui enfatizando a necessidade de políticas públicas eficazes para promover a atividade física em todas as etapas da vida escolar e universitária. A criação de ambientes que incentivem a prática de exercícios, tanto nas escolas quanto nas universidades, é fundamental para combater o sedentarismo e suas consequências negativas.

Referências

- ALKHAWALDEH, A.; ABDALRAHIM, A.; ALBASHTAWY, M.; et al. University Students' Physical Activity: Perceived Barriers and Benefits to Physical Activity and Its Contributing Factors. **SAGE open nursing**, [s. l.], v. 10, p. 23779608241240490, 2024a.
- ALMUTAIRI, K. M.; ALONAZI, W. B.; VINLUAN, J. M.; et al. Health promoting lifestyle of university students in Saudi Arabia: a cross-sectional assessment. **BMC Public Health**, [s. l.], v. 18, p. 1093, 2018.
- AZEVEDO, E. R. de; CHARIGLIONE, I. P. F. S.; SILVA, J. T. C.; et al. Percepção dos idosos quanto aos benefícios da prática da atividade física: um estudo nos Pontos de Encontro Comunitário do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, [s. l.], v. 41, p. 142–149, 2019.
- BIELEMANN, R. M.; KNUTH, A. G.; HALLAL, P. C. Atividade física e redução de custos com saúde pública: estudo de base populacional. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 15, n. 1, 2010, p. 49-54.

BESSA, C.; HASTIE, P.; ARAÚJO, R.; et al. What Do We Know About the Development of Personal and Social Skills within the Sport Education Model: A Systematic Review. **Journal of Sports Science & Medicine**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 812–829, 2019.

BRASIL. **Caderno do gestor do Programa Saúde na Escola.** , 2022.

CALI, A. M. G.; CAPRIO, S. Obesity in children and adolescents. **The Journal of clinical endocrinology and metabolism**, v. 93, n. 11 Suppl 1, p. S31–6, 2 nov. 2008.

CARREL, A. L. et al. Improvement of fitness, body composition, and insulin sensitivity in overweight children in a school-based exercise program: a randomized, controlled study. **Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine**, v. 159, n. 10, p. 963–8, 1 out. 2005.

CORDER, K.; WINPENNY, E.; LOVE, R.; et al. Physical activity over the life course: impact of transitions on engagement and policy implications. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 57, n. 4, 2019, p. 503-511.

ELIAKIM, A. et al. The effect of a combined intervention on body mass index and fitness in obese children and adolescents - a clinical experience. **European Journal of Pediatrics**, v. 161, n. 8, p. 449–54, ago. 2002.

FERREIRA, H. G. R.; ALVES, R. G.; MELLO, S. C. R. P. O PROGRAMA NACIONAL DE ALIMENTAÇÃO ESCOLAR (PNAE): ALIMENTAÇÃO E APRENDIZAGEM. **Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro**, [s. l.], v. 22, n. 44, p. 90–113, 2019.

FERREIRA SILVA, G.; GONÇALVES, L. G.; et al. Physical activity decline and its psychological impact on university students: an exploratory study. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 22, 2022, p. 678-685.

GARCÍA-HERMOSO, A.; ALONSO-MARTÍNEZ, A. M.; RAMÍREZ-VÉLEZ, R.; et al. Association of Physical Education

With Improvement of Health-Related Physical Fitness Outcomes and Fundamental Motor Skills Among Youths. **JAMA Pediatrics**, [s. l.], v. 174, n. 6, p. e200223, 2020.

GUTHOLD, R.; STEVENS, G. A.; RILEY, L. M.; et al. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. **The Lancet Child & Adolescent Health**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 23–35, 2020.

LEAL, V. S. et al. Excesso de peso em crianças e adolescentes no Estado de Pernambuco, Brasil: prevalência e determinantes. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 28, n. 6, p. 1175–1182, jun. 2012.

MASELLI, M.; WARD, P. B.; GOBBI, E.; et al. Promoting Physical Activity Among University Students: A Systematic Review of Controlled Trials. **American journal of health promotion: AJHP**, [s. l.], v. 32, n. 7, p. 1602–1612, 2018.

NASCIMENTO, T.; ALVES, F.; SOUZA, E. Barreiras percebidas para a prática de atividade física em universitários da área da saúde de uma instituição de ensino superior da cidade de Fortaleza, Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 137–146, 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Relatório Global de Atividade Física. Organização Mundial da Saúde, 2022.

PEDRAZA, D. F.; MELO, N. L. S. de; SILVA, F. A.; et al. N. Avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar: revisão da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 23, p. 1551–1560, 2018.

RECH, C. R.; REIS, R. S.; et al. Barreiras percebidas e fatores ambientais relacionados à prática de atividade física em adultos. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, 2018, p. 13-20.

RIGONI, P. A.; ROMBALDI, A. J.; et al. Fatores que influenciam a prática de atividade física: uma revisão de barreiras percebidas. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 17,

2012, p. 209-215.

SALLIS, J. F. et al. Physical education's role in public health: steps forward and backward over 20 years and HOPE for the future. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 83, n. 2, p. 125–35, 23 jun. 2012.

SILVA, K. S.; BANDEIRA, A. da S.; RAVAGNANI, F. C. de P.; et al. Educação física escolar: Guia de Atividade Física para a População Brasileira. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, [s. l.], v. 26, p. 1–18, 2021.

SOARES, L. D.; PETROSKI, E. L. Prevalência, fatores etiológicos e tratamento da obesidade infantil. **Rev. bras. cineantropom. desempenho hum**, v. 5, n. 1, 2003.

SOUZA, C. A.; BORGES, L. J. Barreiras percebidas à prática de atividade física entre adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 3, 2010, p. 150-154.

TORNQUIST, D. et al. Aptidão física relacionada ao desempenho motor nas séries iniciais e a intervenção do profissional de educação física. **Revista Brasileira Ciências da Saúde - USCS**, v. 12, n. 41, 28 nov. 2014.

TOMPSETT, C.; SANDERS, R.; TAYLOR, C.; et al. Pedagogical Approaches to and Effects of Fundamental Movement Skill Interventions on Health Outcomes: A Systematic Review. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, [s. l.], v. 47, n. 9, p. 1795–1819, 2017.

WINPENNY, E. M.; PENNEY, T. L.; CORDER, K.; et al. Changes in physical activity and sedentary behaviour at key life transitions: a systematic review and meta-analysis. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 17, 2020, p. 1-16.

WORLD OBESITY FEDERATION. **Global Atlas on Childhood Obesity**. 2024.

Capítulo 18

Adaptações Fisiológicas do Treinamento em Altitude

WILIAN DE JESUS SANTANA

DEBORA DE OLIVEIRA CORTEZ

LEONARDO EMMANUEL LIMA

DIEGO SANTIAGO

AYLTON FIGUEIRA JUNIOR

O funcionamento normal dos sistemas cardiovascular e respiratório depende da interação eficiente entre ambos, especialmente no que diz respeito à utilização do oxigênio (O_2). O O_2 é captado pelo sistema respiratório e transportado por todo o corpo através do sangue, que é bombeado pelo coração, o principal órgão do sistema cardiovascular (McArdle et al., 2016; Powers e Howley, 2014; Guyton, 2011). A cada ciclo cardíaco — composto por uma sístole e uma diástole completas — o sangue é impulsionado para diversas partes do corpo, incluindo os músculos, onde ocorre a contração muscular e o consequente aumento da demanda por oxigênio (Powers e Howley, 2014, p. 192). Esse oxigênio é utilizado na produção de energia pelas mitocôndrias durante a atividade muscular.

Para entender como o oxigênio é efetivamente utilizado na geração de energia, é fundamental compreender seu ingresso no corpo pelo sistema respiratório. Esse processo é influenciado pela interação entre a pressão atmosférica e o transporte de gases. A pressão atmosférica, que é o peso exercido pela coluna de ar sobre um ponto da superfície terrestre, é maior ao nível do mar e diminui em altitudes mais elevadas (Powers e Howley, 2014, p. 542). Essa diminuição resulta em menor densidade do ar e, consequentemente,

menos moléculas de oxigênio por litro de ar em grandes altitudes, impactando diretamente a capacidade do corpo de captar e utilizar oxigênio.

Nesse contexto, as hemácias, ou glóbulos vermelhos, desempenham um papel crucial. Elas são responsáveis pelo transporte da hemoglobina, uma proteína essencial que transporta o oxigênio dos pulmões para os tecidos do corpo (Guyton, 2011, p. 437). A hemoglobina, por sua vez, contém ferro em sua estrutura, o que permite a ligação com até quatro moléculas de oxigênio (McArdle et al., 2016, p. 456). Além disso, as hemácias também desempenham um papel importante no transporte de dióxido de carbono (CO_2) dos tecidos de volta aos pulmões, onde é eliminado do corpo.

A pressão atmosférica influencia a pressão parcial de oxigênio (PO_2), impactando significativamente a saturação de hemoglobina e, portanto, o transporte de oxigênio pelo corpo. Em altitudes mais elevadas, a menor PO_2 causa uma condição conhecida como hipóxia, resultando em menor saturação de hemoglobina e, consequentemente, menor disponibilidade de oxigênio para os tecidos (Powers e Howley, 2014, p. 542). Além disso, a menor umidade do ar e as temperaturas mais baixas em altitudes elevadas podem aumentar o estresse térmico no organismo, dificultando ainda mais o desempenho em ambientes extremos.

O débito cardíaco, definido como o volume de sangue bombeado pelo coração por minuto, também é afetado em condições de hipóxia. Este é o produto da frequência cardíaca máxima pelo volume sistólico máximo (Powers e Howley, 2014, p. 199). Embora essas variáveis não se alterem significativamente em grandes altitudes, a redução do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) é consequência de uma menor extração de oxigênio pelos tecidos, resultando em uma diminuição do desempenho físico, especialmente em atividades que exigem alta demanda de oxigênio.

A composição do ar que respiramos é igualmente importante. A mistura gasosa atmosférica é composta por 79,04%

de nitrogênio (N_2), 20,93% de oxigênio (O_2) e 0,03% de dióxido de carbono (CO_2) (McArdle et al., 2016, p. 456). Embora esses percentuais permaneçam constantes independentemente da altitude, as pressões parciais desses gases, que determinam sua disponibilidade para o corpo, são diretamente influenciadas pela pressão atmosférica.

Portanto, ao considerar o impacto dos ambientes extremos, como altitudes elevadas, sobre o desempenho físico, é crucial entender a interação entre pressão atmosférica, transporte de oxigênio, débito cardíaco e regulação térmica. Cada um desses fatores contribui para os desafios enfrentados pelo corpo durante o exercício em tais condições, exigindo adaptações fisiológicas específicas para manter um equilíbrio dinâmico e um desempenho adequado.

Respostas agudas e adaptações à altitude

Em relação às respostas agudas à exposição à altitude, ao chegar a cerca de 2.300 metros e altitudes superiores, o corpo promove ajustes fisiológicos rápidos para compensar o ar mais rarefeito e a redução na PO_2 alveolar. Essas respostas incluem o estímulo do impulso respiratório, promovendo a hiperventilação, e o aumento do fluxo sanguíneo durante o repouso e a atividade física submáxima (McArdle et al., 2016, p. 895).

A hiperventilação resulta em um aumento da alcalinidade dos líquidos orgânicos devido à redução do dióxido de carbono. Após longos períodos, o corpo secreta mais bicarbonato (HCO_3^-) pelos rins, acompanhando uma diminuição da reserva alcalina. Essa resposta também provoca um aumento da frequência cardíaca máxima e do volume sistólico, refletindo em um aumento do débito cardíaco. Contudo, a longo prazo, pode haver uma manutenção elevada da frequência cardíaca, mas com diminuição do débito cardíaco e do volume sistólico.

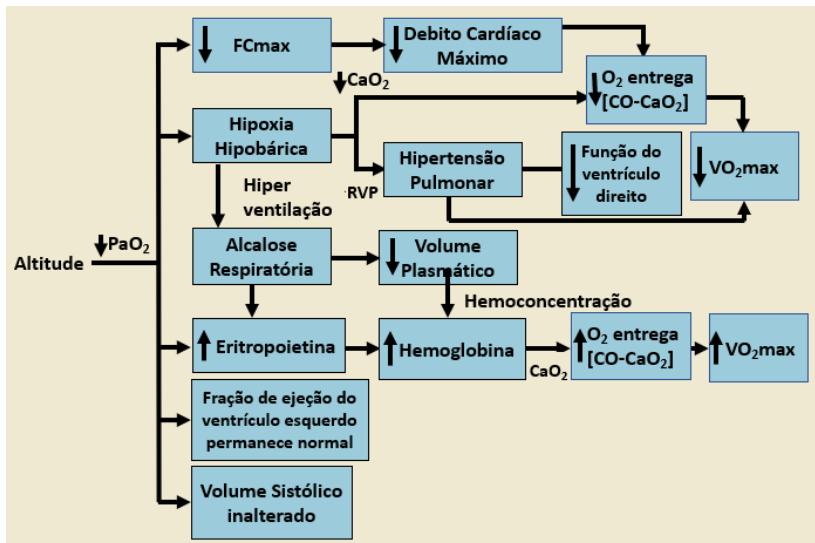
Diante dessa adaptação, o corpo busca hiperventilar para expelir o CO_2 presente na corrente sanguínea. A resposta às

condições ambientais hipóxicas hipobáricas inclui um aumento da frequência cardíaca e das pressões sanguíneas, tanto pulmonares quanto sistêmicas, além de alterações no sistema nervoso autônomo (Hamm *et al.*, 2018). A adaptação à hipoxemia crônica resulta em um aumento na contagem de glóbulos vermelhos e na hemoglobina (Akunov *et al.*, 2018).

A altitude tem um papel fundamental no desempenho cardiovascular e no treinamento de atletas. Com o aumento da altitude, a pressão barométrica diminui, resultando em uma diminuição da pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO_2) — por exemplo, 60mmHg a 2.500 m em comparação com 90mmHg ao nível do mar (Gong Junior, 1995). A fração do conteúdo de oxigênio no ar permanece inalterada nessas altitudes, caracterizando a hipóxia hipobárica (Higgins *et al.*, 2010).

A hiperventilação é a primeira alteração fisiológica observada durante a exposição a altitudes elevadas, enquanto a hiperpneia — o aumento da profundidade da respiração para atender às necessidades fisiológicas — ocorre acima de 2.500 m (Nummela, Rusko, 2000). A alcalose respiratória resultante da hiperventilação é corrigida em poucos dias pelo aumento da excreção urinária de bicarbonato (Nummela, Rusko, 2000; Hahn e Gore, 2001; Honig, 1989).

Devido à diminuição do conteúdo de oxigênio arterial (CaO_2), o fornecimento de oxigênio — o produto do débito cardíaco e do conteúdo de oxigênio arterial — é mantido por um aumento no débito cardíaco (Higgins, 2010). Em altitudes elevadas, isso ocorre por meio do aumento da frequência cardíaca (FC) basal (Bartsch e Gibbs, 2007). Estudos ecocardiográficos realizados ao nível do mar e a 4.730 m mostraram um aumento na FC, mas sem alteração no volume sistólico (Pagé *et al.*, 2013).



Durante a exposição prolongada a altas altitudes, a hemoglobina inicialmente aumenta devido à hemoconcentração e, eventualmente, à produção aumentada de eritropoetina (Fisher, 1993). Aumentos na hemoglobina têm sido observados em altitudes acima de 2.200 m (Levine e Stray-Gundersen, 1992). Essa elevação da hemoglobina é fundamental para aumentar o conteúdo de oxigênio arterial (CaO_2) e facilitar o transporte de oxigênio para os músculos ativos, além de aumentar o volume máximo de oxigênio que pode ser utilizado ($\text{VO}_2\text{máx}$, mL/kg/min).

A liberação de eritropoetina está correlacionada com o grau de hiperventilação provocado pela hipoxia e com o grau de alcalose respiratória (Miller, 1973). Além disso, a diminuição do volume plasmático, decorrente da perda de água por aumento da ventilação, transpiração, produção de urina e diminuição da ingestão oral devido à adipsia induzida pela hipoxia (ausência de sede apesar da desidratação) também impacta a fisiologia em altitudes elevadas (Naeije, 2010).

A redução do volume sistólico em atletas em altitudes elevadas foi atribuída a uma diminuição na pré-carga (Alexander

e Grover, 1983). Estudos indicam que a fração de ejeção (FE) do ventrículo esquerdo não muda com a hipóxia e o aumento de altitude (Pagé *et al.*, 2013).

Durante a exposição prolongada a altitudes elevadas, a hemoglobina inicialmente aumenta devido à hemoconcentração e, posteriormente, ao aumento da produção de eritropoietina. Esse aumento na hemoglobina é crucial para elevar o conteúdo de oxigênio arterial (CaO_2) e, consequentemente, melhorar o fornecimento de oxigênio. Isso facilita o transporte de oxigênio para os músculos ativos e eleva o volume máximo de oxigênio que pode ser utilizado.

Nos últimos 20 a 30 anos, a captação máxima de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) de atletas aumentou, refletindo em recordes mundiais mais baixos em corridas de longa distância. Um dos fatores que contribuíram para esse aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e a melhoria dos recordes mundiais é o treinamento em altitude, uma vez que atletas que vivem em regiões montanhosas conquistaram inúmeras medalhas olímpicas e de campeonatos mundiais em provas de resistência nas últimas décadas (Rusko, Tikkannen e Peltonen, 2004).

Entretanto, a literatura científica sobre moradores do nível do mar que treinam em altitude é ambígua, com a maioria dos estudos controlados não observando um efeito positivo significativo no desempenho ao nível do mar (Rusko, Tikkannen e Peltonen, 2004).

Sabe-se que a exposição à hipóxia em altitude influencia todos os sistemas funcionais do corpo, incluindo o sistema nervoso central, o sistema respiratório, o sistema cardiovascular e os músculos. No nível celular, a hipóxia promove a rápida detecção da disponibilidade de oxigênio e suas consequências funcionais (Rusko, Tikkannen e Peltonen, 2004).

Para atletas de resistência, a capacidade dos músculos de captar e utilizar oxigênio frequentemente excede a capacidade do sistema cardiovascular de transportá-lo (Wagner, 2000). Assim,

o principal objetivo do treinamento em altitude é aumentar o volume total de glóbulos vermelhos e a massa de hemoglobina, o que melhora o elo limitante do fornecimento de oxigênio. Esse aumento na capacidade de transporte de oxigênio do sangue arterial visa elevar o VO₂máx e aprimorar o desempenho tanto em altitudes elevadas quanto ao nível do mar.

No entanto, o treinamento em altitude também pode induzir efeitos negativos em alguns determinantes do desempenho (Rusko, 1996; Bailey e Davies, 1997; Hahn e Gore, 2001), o que pode mascarar e prejudicar os benefícios proporcionados pelo aumento na produção de glóbulos vermelhos (Hahn e Gore, 2001).

Uma possível razão para a ausência de um efeito positivo do treinamento em altitude é que mesmo a hipóxia moderada durante o exercício pode comprometer substancialmente o ritmo do treinamento, reduzindo os estímulos mecânicos e neuromusculares, o que leva ao enfraquecimento gradual de determinantes específicos do desempenho de resistência (Rusko, Tikkanen e Peltonen, 2004).

Embora o VO₂máx e o transporte de oxigênio sejam fatores cruciais na maioria dos esportes de resistência, é fundamental considerar outras variáveis, como características neuromusculares e anaeróbicas (denominadas “fatores de potência muscular”), que também influenciam o desempenho de resistência e a resposta ao treinamento em altitude (Rusko, Tikkanen e Peltonen, 2004).

A exposição sustentada à hipóxia resulta em uma redução bem conhecida no débito cardíaco máximo (Hahn e Gore, 2001). Além disso, ao contrário de descobertas anteriores, o débito cardíaco máximo pode diminuir durante a hipóxia aguda, especialmente em atletas de resistência de elite (Peltonene *et al.*, 2001). Há evidências crescentes de que tanto o débito cardíaco máximo quanto a frequência cardíaca máxima (FCmáx.) são reduzidos durante exercícios máximos em condições hipóxicas (Peltonene *et al.*, 2001).

Embora nem todos os indivíduos que ascendem à altitude apresentem sintomas adversos, a hipóxia ainda pode causar efeitos

prejudiciais e alguns sintomas podem persistir por algum tempo após o retorno ao nível do mar. Por outro lado, a pré-aclimatação, mesmo em altitudes mais baixas, pode ajudar a reduzir esses sintomas (Bärtsch e Roach, 2001).

Embora os maiores efeitos da hipóxia na função cerebral ocorram em altitudes elevadas, mesmo níveis moderados de hipóxia (5.000 m) podem prejudicar a função cognitiva. Sintomas como distúrbios visuais e desempenho mais lento, especialmente em testes de função cognitiva e motora mais complexos, foram observados (Hornbein, 2001).

Durante a exposição sustentada à hipóxia e com o aumento da altitude, notáveis perturbações em testes neuropsicométricos foram relatadas, junto a mudanças no comportamento, humor e até mesmo na função neurológica (Hornbein, 2001).

Outro mecanismo relacionado à exposição à altitude é a resposta ventilatória hipóxica. A queda na saturação de oxigênio da hemoglobina arterial que ocorre durante o exercício em hipóxia está inversamente relacionada à resposta ventilatória hipoxêmica, sendo que viajantes com alta resposta ventilatória tendem a ter um melhor desempenho em altitudes elevadas (Warde *et al.*, 1999; Schoene, 2001).

Durante o exercício em altitude, enquanto os músculos recebem mais oxigênio, o cérebro pode estar recebendo menos, o que pode levar a efeitos colaterais negativos após o retorno ao nível do mar (Hornbein, 2001). Além disso, atletas de resistência apresentam uma quimiossensibilidade reduzida para o controle da ventilação em comparação com não atletas e escaladores experientes (Schoene, 1982).

A exposição a condições extremas, como altitude elevada, frio intenso e calor excessivo, desempenha um papel significativo na adaptação fisiológica do corpo humano, especialmente em atletas de resistência. O aumento na hemoglobina e na capacidade de transporte de oxigênio, por exemplo, são adaptações cruciais que ocorrem com o treinamento em altitude, potencializando

o desempenho atlético. Contudo, a resposta do corpo a essas condições é multifacetada e pode apresentar desafios, como a redução no débito cardíaco máximo e alterações na função cerebral e neuromuscular.

Os profissionais que atuam em ambientes desafiadores devem estar cientes não apenas das adaptações fisiológicas, mas também dos efeitos negativos que podem surgir, como fadiga neuromuscular e compromissos no desempenho, particularmente quando se trata de treinamento em hipóxia ou condições climáticas extremas. A aplicação de estratégias de pré-aclimatização e a consideração de variáveis individuais são fundamentais para mitigar esses efeitos adversos e maximizar os benefícios do treinamento.

Além disso, é essencial que os profissionais de educação física e treinamento esportivo desenvolvam um conhecimento aprofundado sobre as características específicas do ambiente em que os atletas irão se exercitar. Isso inclui compreender como a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica podem influenciar tanto a performance quanto a segurança dos atletas. O planejamento cuidadoso das sessões de treinamento, levando em conta as respostas fisiológicas e psicológicas dos indivíduos, é crucial para otimizar o desempenho em condições extremas.

Portanto, a prática profissional deve ser informada por uma abordagem holística que integre conhecimentos sobre fisiologia do exercício, psicologia do esporte e as peculiaridades do ambiente. Dessa forma, será possível não apenas preparar atletas para competir em situações desafiadoras, mas também garantir que eles mantenham a saúde e o bem-estar durante todo o processo de treinamento e competição. A capacidade de adaptar estratégias de treinamento e intervenção em resposta às demandas específicas de cada ambiente extremo é um diferencial importante para o sucesso de profissionais na área do exercício e da performance esportiva.

Referências

- Adams, W. C.; Bernauer, E. M.; Dill, D. B.; Bomar, J. B. (1975). Effects of equivalent sea-level and altitude training on VO_{2max} and running performance. *Journal of applied physiology*, 39(2), 262–266. <https://doi.org/10.1152/jappl.1975.39.2.262>
- Akunov, A.; Sydkov, A.; Toktash, T.; Doolotova, A.; Sarybaev, A. (2018). Hemoglobin Changes After Long-Term Intermittent Work at High Altitude. *Frontiers in physiology*, 9, 1552. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01552>
- Alexander, J. K.; Grover, R. F. (1983). Mechanism of reduced cardiac stroke volume at high altitude. *Clinical cardiology*, 6(6), 301–303. <https://doi.org/10.1002/clc.4960060612>
- Alexander, J. K., Hartley, L. H., Modelska, M., & Grover, R. F. (1967). Reduction of stroke volume during exercise in man following ascent to 3,100 m altitude. *Journal of Applied Physiology*, 23(6), 849-858.
- Bailey, D. M.; Davies, B. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. *British journal of sports medicine*, 31(3), 183-190.
- Bärtsch, P.; Gibbs, J. S. R. (2007). Effect of altitude on the heart and the lungs. *Circulation*, 116(19), 2191-2202.
- Bärtsch, P.; Roach, R. (2001). Acute mountain sickness and high-altitude cerebral edema. In:High Altitude: An Exploration of Human Adaptation (edited by TF Hornbein e RB Schoene), pp. 731–776. Nova York: Marcel Dekker.
- Berglund, B. Treinamento em alta altitude. Aspectos da adaptação hematológica. *Med Esportivo*.1992;14:289-303.)
- BOUSSUGES, A.; MOLENAT, F.; BURNET, H.; CAUCHY, E.; GARDETTE, B.; SAINTY, J. M.; RICHALET, J. P. (2000). Operation Everest III (COMEX'97): modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia: an

echocardiographic and Doppler study. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 161(1), 264-270.

Calbet, J. A.; Rådegran, G.; Boushel, R.; Søndergaard, H.; Saltin, B.; Wagner, P. D. (2004). Plasma volume expansion does not increase maximal cardiac output or VO₂ max in lowlanders acclimatized to altitude. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 287(3), H1214-H1224.

Campos, A. L.; Costa, R. V. C. (1999). Atividade Física em Moderadas e Grandes Altitudes. Morbidade Cardiovascular e Respiratória. *Arq Bras Cardiol*, 73(1).

Daniels, J.; Oldridge, N. (1970). The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world-class middle-distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2(3), 107-112.

Dedobbeleer, C.; Hadefi, A.; Pichon, A.; Villafuerte, F.; Naeije, R.; Unger, P. (2015). Left ventricular adaptation to high altitude: speckle tracking echocardiography in lowlanders, healthy highlanders and highlanders with chronic mountain sickness. *The international journal of cardiovascular imaging*, 31, 743-752.

Dick, F. W. (1992). Training at altitude in practice. *International journal of sports medicine*, 13 Suppl 1, S203–S206. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024640>.

Fisher, J. W. (1993). Recent advances in erythropoietin research. *Progress in drug research. Fortschritte der Arzneimittelforschung. Progres des recherches pharmaceutiques*, 41, 293–311. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-7150-1_9.

Gong Junior, H. (1995). Exposure to moderate altitude and cardiorespiratory diseases. *Cardiologia (Rome, Italy)*, 40(7), 477-488.

Hahn, A. G.; Gore, C. J. (2001). The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts. *Sports Medicine*, 31, 533-557.

Hamm, W.; von Stuelpnagel, L.; Klemm, M.; Baylacher, M.;

Rizas, K. D.; Bauer, A.; Brunner, S. (2018). Deceleration capacity of heart rate after acute altitude exposure. *High altitude medicine & biology*, 19(3), 299-302.

Hansen, J. E.; Vogel, J. A.; Stelter, G. P.; Consolazio, C. F. (1967). Oxygen uptake in man during exhaustive work at sea level and high altitude. *Journal of Applied Physiology*, 23(4), 511-522.

Hartley LH, Alexander JK, Modelska M, Grover RF. Subnormal cardiac output at rest and during exercise in residents at 3,100 m altitude. *J Appl Fisiol*. 1967;23:839-848.)

Higgins, J. P.; Tuttle, T.; Higgins, J. A. (2010). Altitude and the heart: is going high safe for your cardiac patient?. *American heart journal*, 159(1), 25-32.

Honig, A. (1989). Peripheral arterial chemoreceptors and reflex control of sodium and water homeostasis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 257(6), R1282-R1302.

Hornbein, T. F. (2001). The high-altitude brain. *Journal of Experimental Biology*, 204(18), 3129-3132.

Lawler, J. O. H. N.; Powers, S. K.; Thompson, D. I. X. I. E. (1988). Linear relationship between VO_{2max} and VO_{2max} decrement during exposure to acute hypoxia. *Journal of applied physiology*, 64(4), 1486-1492.

Levine, B. D.; Stray-Gundersen, J. (1997). "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 83(1), 102–112. <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.83.1.102>

Levine, B. D.; Stray-Gundersen, J. (1992). A practical approach to altitude training. *International journal of sports medicine*, 13(S 1), S209-S212.

Miller, M. E.; Rørth, M.; Parving, H. H.; Howard, D.; Reddington, I.; Valeri, C. R.; Stohlman Junior, F. (1973). pH

effect on erythropoietin response to hypoxia. *New England Journal of Medicine*, 288(14), 706-710.

Mollard, P.; Woorons, X.; Letournel, M.; Lamberto, C.; Favret, F.; Pichon, A.; Beaudry, M.; Richalet, J. P. (2007). Determinant factors of the decrease in aerobic performance in moderate acute hypoxia in women endurance athletes. *Respiratory physiology & neurobiology*, 159(2), 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2007.06.012>

Mollard, P.; Woorons, X.; Letournel, M.; Cornolo, J.; Lamberto, C.; Beaudry, M.; Richalet, J. P. (2007). Role of maximal heart rate and arterial O₂ saturation on the decrement of VO_{2max} in moderate acute hypoxia in trained and untrained men. *International journal of sports medicine*, 28(3), 186–192. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924215>

Naeije, R. (2010). Adaptação fisiológica do sistema cardiovascular à altitude elevada. *Progresso em doenças cardiovasculares*, 52 (6), 456–466. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2010.03.004>

Nummela, A.; Rusko, H. (2000). Acclimatization to altitude and normoxic training improve 400-m running performance at sea level. *Journal of sports sciences*, 18(6), 411–419. <https://doi.org/10.1080/02640410050074340>

Pagé, M.; Sauvé, C.; Serri, K.; Pagé, P.; Yin, Y.; Schampaert, E. (2013). Echocardiographic assessment of cardiac performance in response to high altitude and development of subclinical pulmonary edema in healthy climbers. *The Canadian journal of cardiology*, 29(10), 1277–1284. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2013.04.025>

Peltonen, J. E.; Tikkainen, H. O.; Rusko, H. K. (2001). Cardiorespiratory responses to exercise in acute hypoxia, hyperoxia and normoxia. *European journal of applied physiology*, 85(1-2), 82–88. <https://doi.org/10.1007/s004210100411>

Rusko, H. R. (1996). New aspects of altitude training. *The American journal of sports medicine*, 24(6 Suppl), S48–S52.

- Saltin, B. (1967). Aerobic and anaerobic work capacity at 2300 meters. *Medicina thoracalis*, 24(4), 205–210. <https://doi.org/10.1159/000192527>
- Schoene, R. B. (1982). Control of ventilation in climbers to extreme altitude. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 53(4), 886–890. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.53.4.886>
- Schoene, R. B. (2001). Limits of human lung function at high altitude. *The Journal of experimental biology*, 204(Pt 18), 3121–3127. <https://doi.org/10.1242/jeb.204.18.3121>
- Stemberger, M.; Ainslie, P. N.; Hughes, M. G.; Stöhr, E. J.; Cotter, J. D.; Nio, A. Q.; Shave, R. (2014). Ventricular structure, function, and mechanics at high altitude: chronic remodeling in Sherpa vs. short-term lowlander adaptation. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 117(3), 334–343. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00233.2014>
- Suarez, J.; Alexander, J. K.; Houston, C. S. (1987). Enhanced left ventricular systolic performance at high altitude during Operation Everest II. *The American journal of cardiology*, 60(1), 137–142. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(87\)91000-](https://doi.org/10.1016/0002-9149(87)91000-)
- Sutton, J. R.; Reeves, J. T.; Wagner, P. D.; Groves, B. M.; Cymerman, A.; Malconian, M. K.; Rock, P. B.; Young, P. M.; Walter, S. D.; Houston, C. S. (1988). Operation Everest II: oxygen transport during exercise at extreme simulated altitude. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 64(4), 1309–1321.
- Wagner P. D. (2000). New ideas on limitations to VO₂max. *Exercise and sport sciences reviews*, 28(1), 10–14.
- Ward, M.; Milledge, J. S.; West, J. B. (2000). High altitude medicine and physiology (3rd ed). Arnold ; Co-published by Oxford University Press.



Este e-book abrange diversas áreas, como Promoção da Saúde, Treinamento de Força e Treinamento Aeróbico, com o objetivo de enriquecer as reflexões científicas e promover uma aplicação cada vez mais sólida no campo da atividade física e saúde. A obra é resultado de pesquisas desenvolvidas no âmbito do GETAFIS, um grupo de excelência nas Ciências do Esporte, liderado pelo inspirador professor Aylton Figueira Junior.