

Efeitos da dieta vegetariana e exercício físico sobre a peroxidação lipídica

Effect of vegetarian diet and physical exercise on lipid peroxidation

Efectos de la dieta vegetariana y el ejercicio físico sobre la peroxidación lipídica

Recebido: 05/05/2025 | Revisado: 16/05/2025 | Aceitado: 17/05/2025 | Publicado: 19/05/2025

Mírian Rocha Vázquez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1415-1243>

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

E-mail: mvazquez@uneb.br

Carine De Oliveira Souza Bordallo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0411-2926>

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

E-mail: cosouza@uneb.br

Érica Santos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2306-3349>

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

E-mail: ericasilva@uneb.br

Natália Ferreira Brito

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5427-3537>

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

E-mail: nataliaferreira@ufba.br

Iracema Santos Veloso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4544-0651>

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

E-mail: iravel@ufba.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da dieta ovo-láctea-vegetariana (DOL) e do exercício físico extenuante (EFE) sobre a peroxidação lipídica, como indicador de estresse oxidativo em 10 indivíduos do sexo masculino, jovens e saudáveis estudantes do Instituto Adventista do Nordeste. O controle alimentar foi acompanhado e avaliado durante quatro meses. Antes desta etapa, recolheu-se amostras de sangue do grupo em estudo, em estado basal e cinco minutos após o EFE em esteira rolante. O mesmo procedimento foi aplicado após o controle alimentar. Os dados obtidos foram analisados pelo método de Wilcoxon. Os resultados mostraram que a adoção de DOL, em condições de repouso, reduziu a peroxidação lipídica de forma significativa (-107,88%; $p < 0,001$). Depois do EFE com dieta livre e com DOL a peroxidação lipídica aumentou em 16% e reduziu 21,22% embora de forma não significativa, respectivamente. Estes dados sugerem que a peroxidação lipídica se revela sensível à dieta ovo-láctea-vegetariana adequada. Se a peroxidação lipídica é considerada como indicador de estresse oxidativo, pode-se pensar que a DOL é mais eficiente que a dieta livre. A presença de antioxidantes na DOL pode interferir na redução da peroxidação lipídica produzida pelo EFE.

Palavras-chave: Peroxidação Lipídica; Dieta Vegetariana; Exercício Físico.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of the ovo-dairy-vegetarian diet (DOL) and strenuous physical exercise (EFE) on lipid peroxidation, as an indicator of oxidative stress in 10 young, healthy male students at the Instituto Adventista do Nordeste. Dietary control was monitored and evaluated for four months. Before this stage, blood samples were collected from the study group, at baseline and five minutes after the EFE on a treadmill. The same procedure was applied after dietary control. The data obtained were analyzed using the Wilcoxon method. The results showed that the adoption of DOL, under resting conditions, significantly reduced lipid peroxidation (-107.88%; $p < 0.001$). After EFE with a free diet and with DOL, lipid peroxidation increased by 16% and reduced by 21.22%, although not significantly, respectively. These data suggest that lipid peroxidation is sensitive to an adequate ovo-dairy-vegetarian diet. If lipid peroxidation is considered an indicator of oxidative stress, it can be thought that DOL is more efficient than the free diet. The presence of antioxidants in DOL may interfere with the reduction of lipid peroxidation produced by EFE.

Keywords: Lipid Peroxidation; Vegetarian Diet; Physical Exercise.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la dieta ovoláctea-vegetariana (DOL) y el ejercicio físico extenuante (EFE) sobre la peroxidación lipídica, como indicador de estrés oxidativo en 10 estudiantes varones jóvenes

y sanos del Instituto Adventista do Nordeste. El control dietético fue monitoreado y evaluado durante cuatro meses. Antes de esta etapa, se recolectaron muestras de sangre del grupo de estudio, al inicio y cinco minutos después de la EFE en cinta rodante. Se aplicó el mismo procedimiento después del control dietético. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el método de Wilcoxon. Los resultados mostraron que la adopción de DOL, en condiciones de reposo, redujo significativamente la peroxidación lipídica (-107,88%; $p < 0,001$). Después de EFE con dieta libre y con DOL, la peroxidación lipídica aumentó un 16% y se redujo un 21,22%, aunque no significativamente, respectivamente. Estos datos sugieren que la peroxidación lipídica es sensible a una dieta ovo-láctea-vegetariana adecuada. Si se considera la peroxidación lipídica como indicador de estrés oxidativo, se puede pensar que la DOL es más eficiente que la dieta libre. La presencia de antioxidantes en DOL puede interferir con la reducción de la peroxidación lipídica producida por EFE.

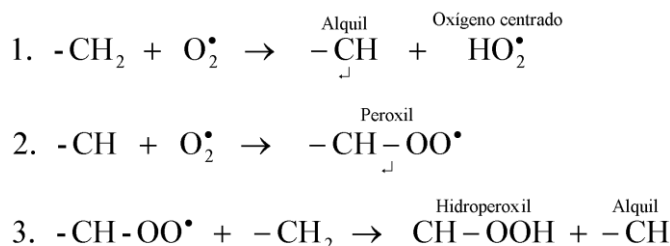
Palabras clave: Peroxidación Lipídica; Dieta Vegetariana; Ejercicio Físico.

1. Introdução

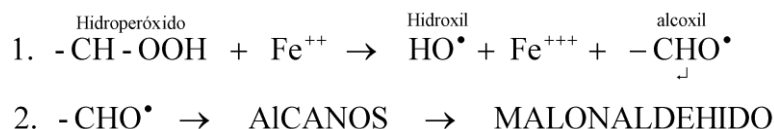
Desde os tempos mais remotos o exercício físico e a alimentação sempre foram utilizados como ferramentas fundamentais para dotar o corpo de músculos fortes capazes de suportar as doenças e os mais severos sacrifícios. A Organização Mundial de Saúde recomenda a atividade física e a alimentação saudável como indispensáveis para a prevenção da síndrome metabólica. Por outro lado, exercícios físicos exaustivos e alimentação pobre em antioxidantes, podem desencadear estresse oxidativo produzido pelo desequilíbrio entre a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ERO's) e a produção/ingestão insuficiente de antioxidantes. O estresse oxidativo não é desencadeado somente pela fadiga muscular, mas também por patologias como o câncer, dislipidemias, artrites, mal de Parkinson entre outras (Cho et al., 2022; Panda et al., 2022).

O exercício físico pode ser definido como “a execução sistemática de ações motrizes que buscam uma adaptação morfofuncional do organismo sem modificação morfológica apreciável; é uma ação associada ao treinamento desportivo e tem a repetição como uma de suas principais características” (Astrand & Rodahl, 1992). O treinamento esportivo envolve sempre uma maior ou menor demanda de oxigênio em áreas específicas ou no organismo como um todo. Essa demanda de oxigênio pode desencadear uma agressiva reação pró-oxidante gerando espécies reativas de oxigênio ERO's. Um dos principais mecanismos pelos quais o oxigênio vai exercer seus efeitos deletérios no organismo é através da peroxidação lipídica (Panda et al., 2022). Este processo inicia-se pela perda de hidrogênio do lipídio celular (Ribeiro Cunha, 1989; Halliwell & Gutteridge, 1990). Os hidroperóxidos decompõem-se em aldeídos como o malondialdeído (MDA) e uma mistura complexa de hidrocarbonetos, ambos tóxicos para as membranas celulares, por alterarem a fluidez, e o transporte de substâncias orgânicas e inorgânicas, alterarem a ATPase sódio/potássio dependente, até produzir, com rapidez, a morte celular (Ribeiro Cunha, 1989; Naoum et al., 2001; Powers et al., 2011; Kostka et al., 1997; Zulfahmidah & Safei, 2022). A destruição oxidativa dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), pelo processo de peroxidação lipídica, é bastante lesiva por ser uma reação de auto-propagação na membrana (Powers & Lenon, 1999).

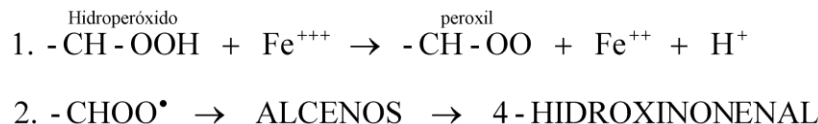
Ação das espécies reativas de oxigênio sobre as membranas:



Os ERO's provenientes da oxidação da membrana (radicais intermediários) reagem com o ferro e formam os produtos estáveis: malonaldeído e hidroxinonenal.



ou também,



Evidências indiretas de estresse oxidativo têm sido descritas nos exercícios físicos intensos, a exemplo da redução na concentração de vitamina E nas membranas e aumento nos níveis de peroxidação lipídica (Vinika et al., 1994; Sunide et al., 1989). Esse incremento na peroxidação lipídica relaciona-se com o aumento significativo da concentração sérica de malondialdeído (MDA) em indivíduos submetidos a exercícios exaustivos em bicicleta ergométrica (Sunide et al., 1989) e, também, em corredores de maratona e ultrafundo (Krotkiewski & Brzezinska, 1996; Jackson et al., 1998). Nikolaidis et al. (2022) ao submeterem homens fisicamente ativos a dois protocolos de exercício exaustivo, em esteira rolante, sendo um de longa e outro de curta duração, verificaram que ambos os protocolos induziram aumento na concentração plasmática de MDA. Em atletas submetidos a outros tipos de corrida de longa duração, Machefer et al. (2020) observaram aumento na concentração plasmática de MDA, por até 72 horas após o exercício.

Para proteger-se da peroxidação lipídica, o organismo dispõe de sistemas antioxidantes entre os quais pode-se destacar as enzimas catalase EC 1.11.1.6, superóxido dismutase EC 1.15.1.1 e glutatión peroxidase EC 1.11.1.9, além do glutatión, ubiquinona, ácido úrico, bilirrubina, NADPH e NADH (Vannucchi, 1998; Moure et al., 2001; Souza et al., 2022). Os organismos ainda dispõem de antioxidantes exógenos presentes nos alimentos, sobretudo, de origem vegetal (frutas, hortaliças, cereais e leguminosas) a exemplo das vitaminas (β -caroteno, α -tocoferol e ácido ascórbico), minerais (zinco, selênio e cobre) e flavonoides (Moure et al., 2001; Skjelbred et al., 2007; Clemente-Suárez et al., 2023). Resultados epidemiológicos e experimentais indicam que as dietas equilibradas podem reduzir o estresse oxidativo (Vázquez et al., 2006) e de forma contrária, evidenciam que, o exercício físico extenuante pode induzir estresse oxidativo (Subudhi et al., 2001; Vázquez et al., 2011; Nikolaidis et al., 2022). Atribui-se à utilização da dieta ovo-lácteo-vegetariana (DOL) as baixas taxas de enfermidades cardíacas, câncer, baixo peso corporal, menor taxa de mortalidade e maior longevidade. Seu efeito protetor deve-se principalmente aos vários compostos e substâncias encontradas nos alimentos de origem vegetal (fitoquímicos) e não somente aos seus nutrientes. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do exercício físico extenuante e da dieta ovo-lácteo-vegetariana sobre a peroxidação lipídica em indivíduos jovens.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa social, em estudantes, num estudo de natureza quantitativa (Gil, 2017; Pereira et al., 2018) e emprego de estatística descritiva simples com uso de classes de dados, valores de média e desvio padrão (Shitsuka et al., 2014) e análise estatística (Vieira, 2021). Foram selecionados 10 indivíduos, do sexo masculino, saudáveis, não fumantes, não etilistas e não sedentários. Esses indivíduos eram estudantes onívoros, com idades compreendidas entre 18 e 20 anos, pertencentes ao primeiro semestre do Instituto Adventista do Nordeste (IANE) na cidade de Cachoeira-Ba, residentes em sistema de internato. Por motivos religiosos, a alimentação cotidianamente servida no IANE era ovo-lácteo-vegetariana. Após autorização por escrito para participar do trabalho, e aprovado pelo Conselho de Ética da Escola Bahiana de Medicina e Saúde

Pública, sob no. 043/2000, de 02 de junho de 2000, os indivíduos foram submetidos a análises clínicas e a um teste de ergoespirometria de acordo com o protocolo de Bruce para determinar o VO₂máx.

Desenho experimental

Antes de começar o programa alimentar ovo-láctea-vegetariano, os indivíduos realizaram separadamente um teste de esforço máximo, numa esteira rolante, até à exaustão. A partir daí, determinou-se a intensidade do exercício a que foram submetidos, a 75% do seu consumo máximo de oxigênio. Determinada essa intensidade, realizaram um teste de exercício físico extenuante (EFE) até a exaustão. Recolheram-se amostras de sangue da veia antecubital em dois momentos distintos, a saber: a) imediatamente antes do exercício; e b) dez minutos depois do exercício, para medir a peroxidação lipídica indicadora de estresse oxidativo. Não houve ingestão de bebidas alcoólicas ou nenhum outro tipo de droga durante a semana que precedeu aos testes.

Realizou-se o controle alimentar pelo método do resto-ingesta durante 120 dias consecutivos e ao final, foram submetidos novamente ao EFE até a exaustão, após o qual foram recolhidas amostras de sangue nas mesmas condições.

A peroxidação lipídica foi avaliada através da dosagem do marcador malondialdeído MDA.

Critérios de seleção da amostra

Foram selecionados, inicialmente, 31 indivíduos voluntários, todos residindo e alimentando-se nas dependências do Instituto, além de manterem a condição de não sedentários (esporte regular máximo de uma vez por semana em sessões menores de 30 minutos). Cada um deles foi submetido a um inquérito de hábitos de vida (horas de sono, prática de atividade física, consumo de drogas, medicamentos e álcool), dados clínicos (hipertensão, diabetes, dislipidemia, parasitoses) e nutricionais (horário e fracionamento habitual das refeições, preferências e aversões alimentares). Foram considerados critérios de exclusão, o sobrepeso (calculado pelo índice de massa corporal - IMC, $18,6 \leq \text{IMC} \leq 24,9 \text{ kg/cm}^2$), prática regular de exercícios físicos, o consumo de drogas, medicamentos e álcool, além da presença de qualquer enfermidade relacionada com os dados clínicos. Também se excluíram aqueles indivíduos que não aceitaram realizar os experimentos. Após a realização da primeira etapa de seleção da amostra, foram incluídos 18 indivíduos. Após a realização das análises clínicas (tensão arterial, frequência cardíaca), análises bioquímicas (glicemia, colesterol total e frações, ácido úrico), sumário de urina e parasitológico de fezes antes e depois do controle alimentar, 10 indivíduos foram selecionados e permaneceram até a finalização do estudo.

Avaliação Nutricional

Antes de iniciar o consumo da DOL, os indivíduos foram submetidos à avaliação nutricional que inclui: indagações sobre os alimentos ingeridos, dados bioquímicos, exames clínicos e antecedentes médicos e familiares além dos dados antropométricos e psicossociais. Para avaliar a quantidade dos alimentos ingeridos, uma semana antes e depois do controle alimentar, utilizou-se o método do resto-ingestão (Mahan, 1998). A necessidade energética total, assim como o consumo diário de vitaminas e minerais foram calculados de acordo com a *Recommended Dietary Allowances (RDA) da Food and Nutrition Board National Research Council* (1998). Para o cálculo da ingestão diária de proteínas, lipídios, carboidratos e fibras utilizaram-se as recomendações da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição – SBAN (1990). Para quantificar o consumo alimentar diário, utilizou-se recipientes graduados e adaptados às medidas caseiras (Pinheiro, 1998).

Método utilizado para o controle alimentar

Todos os indivíduos foram previamente treinados sobre o método do controle nutricional e o comportamento alimentar que adotariam durante o estudo. Foram feitos os ajustes necessários aos cardápios diários e instruíram-se os funcionários do

restaurante para preparar e servir com rigor os alimentos correspondentes. A avaliação do consumo médio diário dos nutrientes realizou-se com o *software* “Virtual Nutri versão 1” e as tabelas de composição química dos alimentos (Philippi, 2002).

Cardápios básicos da dieta ovo-lácteo-vegetariana

Desjejum

Achocolatado ® ou farinha láctea; leite integral, iogurte, açúcar mascavo; pão, biscoitos; manteiga ou marmelada; ovos; queijo caseiro; frutas, batata doce ou aipim, inhame ou bananas fritas com açúcar e canela; cuscuz, mingaus (em dias alternados).

Almoço

Salada crua e cozida; pratos à base de glúten (duas vezes por semana); pratos a base de soja texturizada (uma vez por semana); pratos a base de ovos (quatro vezes por semana); arroz ou massas; feijão branco, lentilhas, grão de bico ou ervilhas (em dias alternados); suco de frutas com açúcar.

Sobremesa

Frutas (cinco vezes por semana); doces (duas vezes por semana).

Jantar

Sopa com massa, hortaliças e leguminosas; iogurte; pastas italianas; pão (diversos); queijo; frutas; sucos de fruta com açúcar.

Prova de esforço

Cinco minutos antes de começar a prova foram coletados 5 mL de sangue dos pesquisados. A prova foi realizada em uma esteira rolante em posição horizontal; iniciou-se a uma velocidade de 6 km/h; a velocidade foi aumentando a uma taxa de 1 km/h por minuto, até que os indivíduos alcançassem 80% da frequência cardíaca máxima (FC_{máx.}). A partir daí, manteve-se a velocidade constante até a exaustão, determinada por dor muscular ou articular ou por fadiga para continuar o exercício, o que normalmente aconteceu com o aumento da frequência cardíaca. Depois da recuperação, a 6 km/h durante 5 minutos, e do descanso de mais 5 minutos, foram recolhidas 5 mL de sangue.

Método para determinar a peroxidação lipídica

A peroxidação lipídica foi avaliada em eritrócitos humanos através dos níveis de MDA a partir da reação com o ácido tiobarbitúrico (TBARS) (Colowick & Kaplan, 1984). As proteínas foram determinadas pelo método de Lowry e colaboradores (1951). O cálculo se realizou com a equação (Miura et al., 1998):

$$Y = 1,56 \times 10^5 M^{-1}cm^{-1}$$

onde

$$y = \text{mMol/mg proteína}$$

O resultado é expresso em nM/mg proteína

Análise estatística

Para analisar as diferenças das variáveis antes e depois da dieta e antes e depois do EFE, utilizou-se o teste não paramétrico de *Wilcoxon* para amostras pareadas. A análise estatística foi realizada mediante o programa estatístico *Statistic-v 4.5 for Windows*.

3. Resultados

Características das dietas

A Tabela 1 mostra o aporte médio semanal dos alimentos consumidos antes do controle alimentar, dieta Livre (DL) e dieta ovo-lácteo-vegetariana (DOL). Algumas alterações foram feitas para adequar a dieta às recomendações da SBAN. Houve

aumento significativo do consumo de leguminosas (principalmente a inclusão da soja), glúten, iogurte, queijo, ovos, hortaliças, frutas e sucos. Por outro lado, houve redução no consumo de farinha de mandioca, óleo de soja e a exclusão de carnes, pescados, refrigerantes, salgadinhos fritos e de embutidos.

Tabela 1 - Aporte semanal de alimentos durante o consumo das dietas livre (DL) e ovo-lácteo-vegetariana (DOL).

	Dieta livre (DL)		Dieta ovo-lácteo-vegetariana (DOL)		%Δ	P
	M	DP	M	DP		
Leguminosas cozidas (g)	2474,15	130,83	3071,18	260,82	24,13	**
Leite integral (mL)	1261,47	45,22	1266,96	131,53	0,43	n.s.
Queijo (g)	114,52	16,52	216,79	27,44	89,30	*
Cereais (g)	2444,12	90,65	2519,86	262,71	3,10	n.s.
Carne bovina (g)	588,16	72,36				
Frango (g)	421,82	39,90				
Pescado (g)	261,12	9,35				
Ovos (g)	157,20	34,70	980,00	26,88	523,41	***
Hortaliças (g)	321,80	26,16	506,00	12,60	57,24	**
Frutas (g)	1141,56	152,04	2856,42	109,41	150,225	**
Farinha de mandioca (g)	322,07	19,81	147,00	22,12	-54,36	*
Açúcar e doces (g)	280,77	22,61	263,55	24,15	-6,13	n.s.
Sucos (ml)	856,98	25,00	4284,07	70,84	399,90	***
Refrigerantes (mL)	2000,00	0,60				
Azeite de oliva (mL)	45,29	4,48	107,52	83,72	137,40	*
Azeite de dendê (mL)	23,45	1,29				
Óleo de soja (mL)	146,86	52,43	126,07	37,52	-14,16	n.s.
Pastelaria frita (g)	432,00	12,16				
Manteiga (g)	105,56	82,67	66,04	22,61	-37,47	n.s.
Leite de coco (g)	62,76	3,52	42,76	14,20	-31,87	*
Soja (g)			151,05	33,51		
Glúten (g)			40,64	2,66		
Iogurte (g)			1624,63	43,96		

M = valores médios; DP = desvio padrão; %Δ = variação em percentagem. Níveis de significância estatística das diferenças: * = p<0,05, ** = p<0,01, *** = p<0,001, n.s. = não significativa.

Fonte: Vazquez et al. (2002).

Ao comparar as ingestões diárias de nutrientes das dietas DOL e DL (Tabela 2), observam-se as seguintes modificações: redução de carboidratos simples (58,86% p<0,05), de proteínas de alto valor biológico (60,18% p>0,05), lipídios saturados (64,39% p<0,05) e colesterol exógeno (53,22% p<0,05). Redução significativo das vitaminas piridoxina (30,54% p<0,05), cianocobalamina (39,81% p<0,05), de minerais e, particularmente, do zinco (36,75% p<0,05). Observam-se também um aumento significativo de carboidratos complexos (19,67% p<0,05), proteínas de baixo valor biológico (30,43% p<0,05) e de lipídios monoinsaturados (40,35 p<0,05). Aumento de fibras alimentares (55,86% p<0,01) e de folato (67,18% p<0,01).

Quanto aos minerais observou-se aumento de cálcio (101,82% $p<0,001$). O ferro e o selênio sofreram uma redução, mas de forma não significativa (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Aporte médio diário de energia, nutrientes e fibras durante o consumo das dietas livre (DL) e ovo-lácteo-vegetariana (DOL).

	Dieta livre (DL)		Dieta ovo-lácteo-vegetariana (DOL)		%Δ	P
	M	DP	M	DP		
Energia (kcal)	3364,36	842,08	2818,17	381,00	-16,23	n.s.
Carboidratos simples (g)	134,28	55,70	55,24	24,77	-58,86	*
Carboidratos complexos (g)	354,29	64,74	424,00	54,87	19,68	*
Proteína de baixo valor biológico (g)	42,46	16,77	55,38	14,77	30,43	*
Proteína de alto valor biológico (g)	60,86	29,17	24,23	11,23	-60,19	**
Lipídios saturados (g)	52,74	12,56	18,78	2,54	-64,39	**
Lipídios poli-insaturados (g)	26,16	6,54	25,67	3,48	-1,87	n.s.
Lipídios monoinsaturados (g)	18,51	5,38	25,98	3,51	40,36	*
Fibras alimentares(g)	14,32	5,23	22,32	9,20	55,87	**
Colesterol (mg)	471,00	30,02	120,32	32,70	-74,45	***
Tiamina – (mg)	2,57	0,24	2,72	0,51	5,84	n.s.
Riboflavina –(mg)	2,53	0,41	2,55	0,40	0,79	n.s.
Piridoxina - (mg)	2,75	0,31	1,91	0,34	-30,55	*
Cobalamina (μg)	7,56	0,94	4,55	1,11	-39,81	*
Niacina – (mg)	36,16	6,08	20,98	3,63	-41,98	*
Folato – (μg)	266,21	41,83	445,06	83,76	67,18	**
Ac. Ascórbico – (mg)	76,10	19,11	171,03	94,36	124,74	n.s.

M = valores médios; DP = desvio padrão; %Δ = variação em percentagem. Níveis de significância estatística das diferenças: * = $p<0,05$, ** = $p<0,01$, *** = $p<0,001$, n.s. = não significativa.

Fonte: Vazquez et al. (2002).

Tabela 3 - Aporte médio diário de minerais durante o consumo das dietas livre (DL) e ovo-lácteo-vegetariana (DOL).

	Dieta livre (DL)		Dieta ovo-lácteo-vegetariana (DOL)		%Δ	P
	M	DP	M	DP		
Cálcio (mg)	926,05	231,61	1868,99	147,25	101,82	***
Magnésio (mg)	274,49	61,04	306,64	77,25	11,71	n.s
Zinco (mg)	18,34	2,71	11,60	1,15	-36,75	*
Ferro (mg)	19,50	3,90	17,59	2,21	-9,79	n.s.
Selênio (μg)	113,55	42,20	106,28	20,67	-6,40	n.s.

M = valores médios; DP = desvio padrão; %Δ = variação em percentagem. Níveis de significância estatística das diferenças: * = $p<0,05$, ** = $p<0,01$, *** = $p<0,001$, n.s. = não significativa.

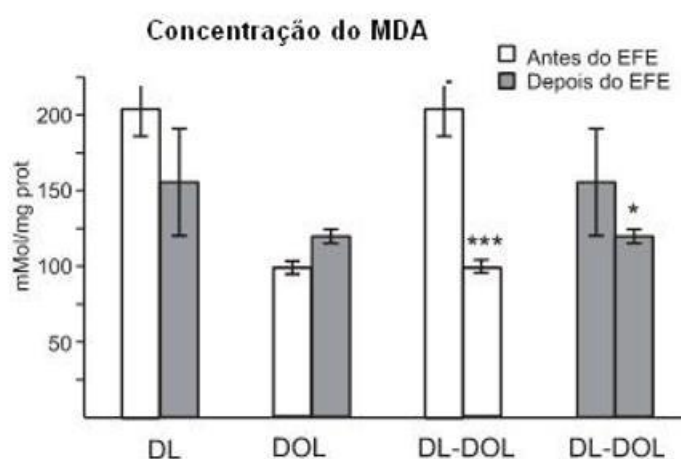
Fonte: Vazquez et al. (2002).

À dieta ovo-lácteo-vegetariana equilibrada neste trabalho acrescentou-se a ingestão de glúten e iogurte, reduziu a ingestão dos carboidratos simples, dos lipídios saturados e do colesterol, é rica em ácidos graxos poliinsaturados e antioxidantes (Tabela 2), com isso espera-se que a DOL proteja o organismo contra a peroxidação lipídica.

Efeitos do exercício físico e da dieta ovo-lácteo-vegetariana sobre a peroxidação lipídica

A partir dos resultados obtidos neste estudo, observa-se na Figura 1, que a dieta ovo-láctea-vegetariana quando comparada com a dieta livre, em condições de repouso, reduziu a peroxidação lipídica de forma significativa em (107,88% $p < 0,001$). Depois do EFE com dieta livre e com DOL a peroxidação lipídica aumentou em 16,00% e reduziu 21,22% embora de forma não significativa, respectivamente. Comparando os valores da peroxidação lipídica antes e depois da DOL houve uma redução (23,86% $p < 0,05$). A DOL aporta ao mesmo tempo vitaminas, minerais e flavonoides que, de forma interativa, podem aumentar a capacidade antioxidante do organismo.

Figura 1 - Modificações na concentração do malonaldeído (MDA) em eritrócitos humanos como consequência do exercício físico extenuante (EFE) antes e depois das dietas livre (DL) e ovo-láctea-vegetariana.



Valor médio, erro standar e índice de significância: * $p < 0,005$; *** $p < 0,005$.

Fonte: Vazquez et al. (2002).

4. Discussão

A citotoxicidade e os fatores desencadeantes do estresse oxidativo já estão bem discutidos (Scheffer et al., 2012; Powers et al., 2011; Volkovová et al., 2006;) embora, os parâmetros bioquímicos indicadores de estresse oxidativo e exercício físico sejam influenciados pelo gênero, nível de atividade física, repouso prévio, clima, hidratação e nutrição. Garcia Cordona e colaboradores (2022) mostram que o exercício organizado em um microciclo produz modificações dia a dia nos biomarcadores de estresse oxidativo, aumentando sua atividade com o aumento da intensidade do exercício e estes biomarcadores não retornam a seus níveis basais mesmo depois de sete dias finalizado o microciclo. Estudos tanto em animais quanto em humanos têm apontado que períodos de sobrecarga de treinamento ou de trabalho físico extenuante elevam o risco de danos oxidativos a importantes estruturas celulares, por meio do processo de peroxidação lipídica (PL) (Machefer et al., 2020; Nikolaidis et al., 2022; Garcia Cordona et al., 2022). Os mecanismos de produção de espécies reativas de oxigênio (ERO's) pela atividade física são explicados entre outros fatores, pelo desvio dos elétrons através da cadeia respiratória mitocondrial, aumento da xantina oxidase devido a ocorrência de hipóxia em alguns momentos, aumento da nicotinamida

adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH) oxidase, aumento das fosfolipases e auto-oxidação das proteínas heme (Scheffier et al., 2012).

O incremento da produção de ERO's requer o aumento do sistema antioxidante para evitar o estresse oxidativo e consequentemente, prevenir as membranas celulares da peroxidação lipídica. Neste contexto, aponta-se como fatores que podem desencadear o início da peroxidação lipídica o exercício físico extenuante e uma dieta pobre em antioxidantes e excessivamente rica em ácidos graxos poliinsaturados. Os ácidos graxos poliinsaturados requerem alfa-tocoferol para evitar a peroxidação lipídica o que poderá reduzir a disponibilidade desse antioxidante essencial para proteger as membranas dos ataques dos ERO's (Vannucchi et al., 1998; Lehucher-Michel et al., 2001).

A DOL aporta ao mesmo tempo vitaminas, minerais e flavonoides, compostos que possuem funções diferentes e parecem complementarem-se uns aos outros e aumentar a capacidade antioxidante do organismo (Cannon, 1997; Nasiri et al., 2021).

Apesar dos benefícios atribuídos à dieta vegetariana, sobretudo os veganos, necessitam de uma atenção especial. Bengmark e Gil (2007) sugerem que esse padrão alimentar é pobre em taurina e que a taurina reduz a produção de espécies avançadas de glicação (AGEs). Os AGEs (Advanced Glycation End Products) competem com os ERO's pelos mesmos antioxidantes reduzindo assim a capacidade antioxidante desses padrões alimentares. As principais fontes de taurina são mariscos, pescados e frangos, quantidades moderadas encontram-se na carne bovina enquanto que as plantas com exceção de algumas algas estão totalmente livres ou pobres nesse aminoácido (Uribarri et al., 2011). Os AGEs são consequência da reatividade de açúcares redutores com aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas, lipídios e outros componentes envolvidos entre outros no processo inflamatório. Os AGEs contribuem com os danos celulares de maneira indireta por meio de mecanismos que estimulam o aumento do estresse oxidativo e da inflamação sistêmica (Prasad, 2014) e de maneira direta modificando os processos de transcrição do DNA, resultando em auto degradação celular (Wautier et al., 2017). Neste trabalho, a carne vermelha, os pescados e frangos foram excluídos da DOL, em compensação a oferta de produtos lácteos e ovos aumentaram. A taurina não foi quantificada nesta investigação. Os efeitos do treinamento físico sobre os AGEs ainda são incipientes. Nebi e colaboradores (2019) compararam a ingestão de nutrientes de corredores recreativos onívoros, ovo-lácteo-vegetarianos e veganos que realizaram duas a cinco sessões de treinamento por semana com as recomendações de ingestão das Sociedades de Nutrição Alemã, Austríaca e Suíça para a população em geral. Mais da metade de cada grupo não atingiu a ingestão energética recomendada. O fornecimento de micronutrientes, como vitamina D e cobalamina, foi dependente da ingestão de suplementos. Neste estudo, a recomendação de cobalamina pela SBAN, foi alcançada com a dieta. O risco de deficiência de B12 se relaciona com a síntese de eritrócitos impactando consequentemente no rendimento esportivo.

Clemente-Suárez et al. (2023) sugerem que os micronutrientes desempenham um papel importante no combate às espécies reativas de oxigênio, na recuperação, no desempenho esportivo e nas estratégias para o uso de suplementos antioxidantes, como vitamina C, vitamina E, resveratrol, coenzima Q10, selênio e curcumina para melhorar o bem-estar físico e mental. Pfeiffer et al. (2022) observaram que dieta vegana não compromete o desempenho do exercício intervalado de velocidade.

Efeitos do exercício físico e da dieta DOL sobre a peroxidação lipídica

O aumento da peroxidação lipídica classicamente relaciona-se com o aumento significativo da concentração sérica de malondialdeído (MDA) em indivíduos submetidos a exercícios exaustivos (Mcbride et al., 1991; Krotkiewski & Brzezinska, 1996; Machefer et al., 2020; Pohl et al., 2021). A intensidade e duração do exercício parecem ser os fatores mais diretamente relacionados com a observação do incremento de produtos de peroxidação lipídica (Duthie et al., 1996). A realização de exercícios excêntricos também tem sido apontada como um importante fator indutor de PL (Garcia Cordona et al., 2022; Xia et

al., 2023). Nesse estudo, observa-se na Figura 1, que depois do EFE com dieta livre a peroxidação lipídica aumentou em 16% e reduziu 21,22%, embora de forma não significativa com DOL. Comparando os valores da peroxidação lipídica antes e depois da DOL, houve uma redução significativa -23,86% ($p < 0,05$). A dieta ovo-lácteo-vegetariana em condições de repouso reduziu a peroxidação lipídica de forma significativa em -107,88% ($p < 0,001$).

Embora neste trabalho a DOL tenha elevado o consumo de iogurte e glúten (Tabela 1) os quais agiriam antagonicamente na produção de AGE (Bengmark, 2007), aumentado o consumo de vitamina C (Tabela 2), varredora de ERO's, e reduzindo o de ferro (Tabela 3), desencadeador da reação de Fenton, não se pode atribuir de forma direta algum tipo de interferência da dieta sobre o *status* oxidativo aos alimentos ou substâncias isoladamente, uma vez que estes interagem entre si atuando em bloco. A redução da peroxidação lipídica pela DOL verificada neste trabalho em condição de repouso pode ser atribuída ao aporte concomitante de vitaminas, minerais flavonoides e outros agentes quimio-preventivos derivados de plantas, como isotiocianatos dos vegetais crucíferos, a daidzeína e genisteína da soja entre outros que muito provavelmente atuando de forma interativa, possam aumentar a capacidade antioxidante do organismo (Vázquez et al., 2011).

5. Conclusão

A dieta ovo-láctea-vegetariana, em condições de repouso, reduziu a peroxidação lipídica. Depois do EFE com dieta livre a peroxidação lipídica aumentou e com DOL observa-se a redução da peroxidação lipídica. Para a detecção de possíveis efeitos relacionados ao dano oxidativo, seria necessário a utilização de técnicas mais sensíveis que as utilizadas neste estudo. No entanto, pode-se concluir que a prática de EFE aumentou a concentração de MDA com a DL. Depois de quatro meses de DOL, o EFE induziu uma menor elevação na concentração de MDA. Estes dados sugerem que a peroxidação lipídica se revela sensível à dieta ovo-lácteo-vegetariana adequada. Se a peroxidação lipídica é considerada um dos indicadores de estresse oxidativo, pode-se pensar que a DOL seja mais eficiente que a dieta livre. A presença de antioxidantes na DOL pode interferir na redução da peroxidação lipídica induzida pelo EFE. Este estudo representa um avanço metodológico em relação a outras investigações sobre estresse oxidativo e dieta, uma vez que se trata de um estudo com oferta de refeição balanceada e controlada para cada participante, com medições em cada etapa da pesquisa, inclusive com análise de resto ingestão. Os achados indicam também, a necessidade de implementar ações que estimulem os participantes a incluir um maior aporte de vegetais em sua alimentação, de forma a reduzir o stress oxidativo. Uma dieta equilibrada tanto ovo-lácteo-vegetariana quanto onívora, permitem oferta nutricional adequada e, portanto, previnem doenças crônicas, melhoram o desempenho esportivo e promovem saúde.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos ao Instituto Adventista do Nordeste – IANE, Laboratório de Pesquisas Básicas da Escola Baiana de Medicina e Saúde Pública - FBDC, ao Laboratório de Neuroquímica e Radicais Livres do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia – Salvador, Bahia, onde parte dos experimentos foram realizados.

Referências

- Astrand, P. O., & Rodahl, K. (1992). *Fisiologia del Trabajo Físico: bases fisiológicas del ejercicio* (3ª ed). Buenos Aires: Medica Panamericana.
- Bengmark, S., & Gil, A. (2007). Productos finales de la glicación y de la lipoxidación como amplificadores de la inflamación: papel de los alimentos. *Nutrición Hospitalaria*, 22(6), 625-640.
- Cho, S. Y., Chung, Y. S., Yoon, H. K., & Roh, H. T. (2022). Impact of Exercise Intensity on Systemic Oxidative Stress, Inflammatory Responses, and Sirtuin Levels in Healthy Male Volunteers. *International journal of environmental research and public health*, 19(18), 11292. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811292>

- Clemente-Suárez, V. J., Bustamante-Sanchez, Á., Mielgo-Ayuso, J., Martínez-Guardado, I., Martín-Rodríguez, A., & Tornero-Aguilera, J. F. (2023). Antioxidants and Sports Performance. *Nutrients*, 15(10), 2371. <https://doi.org/10.3390/nu15102371>
- Colowick, S.P. & Kaplan, N.O. (1984). *Methods in Enzimology. Oxygen Radicals in Biological Systems* (Vol. 105). 1ª ed. California: Academic Press.
- Food and Nutrition Board, National Research Council. (1998). *Recommended Dietary Allowances* (10ª ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- Glade M. J. (1999). Food, nutrition, and the prevention of cancer: a global perspective. American Institute for Cancer Research/World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research, 1997. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 15(6), 523–526. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(99\)00021-0](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(99)00021-0)
- García-Cardona, D. M., Landázuri, P., Ayala-Zuluaga, C. F., & Restrepo Cortes, B. (2022). Marcadores bioquímicos de estrés oxidativo en jugadoras universitarias de voleibol. Efecto del consumo de *Passiflora edulis* (Biochemical markers of oxidative stress in female volleyball players. Effect of consumption of *Passiflora edulis*). *Retos*, 43, 603–612. <https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.88333>
- Goudarzi, R., Sedaghat, M., Hedayati, M., Hekmatdoost, A., & Sohrab, G. (2020). Low advanced Glycation end product diet improves the central obesity, insulin resistance and inflammatory profiles in Iranian patients with metabolic syndrome: a randomized clinical trial. *Journal of diabetes and metabolic disorders*, 19(2), 1129–1138. <https://doi.org/10.1007/s40200-020-00614-0>
- Halliwell, B., Gutteridge, J. M., & Cross, C. E. (1992). Free radicals, antioxidants, and human disease: where are we now?. *The Journal of laboratory and clinical medicine*, 119(6), 598–620.
- Huertas, J. R., Al Fazazi, S., Hidalgo-Gutierrez, A., López, L. C., & Casuso, R. A. (2017). Antioxidant effect of exercise: Exploring the role of the mitochondrial complex I superassembly. *Redox biology*, 13, 477–481. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2017.07.009>
- Karpinski, C. and Rosenbloom, C.A. (2017) *Sports Nutrition: A Handbook for Professionals*. 6th Edition, Academy of Nutrition and Dietetics, Chicago
- Kostka, T., Bonnefoy, M., Arsac, L., Berthouze, S., Belli, A., Lacour, J.R. (1997). Habitual physical activity and peak anaerobic power in elderly women. *European Journal of Applied Physiology*, 76(1), 81–89.
- Krotkiewski, M., & Brzezinska, Z. (1996). Lipid peroxides production after strenuous exercise and in relation to muscle morphology and capillarization. *Muscle & nerve*, 19(12), 1530–1537. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4598\(199612\)19:12<1530::AID-MUS2>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4598(199612)19:12<1530::AID-MUS2>3.0.CO;2-B)
- Leach, T. (2023). *The Impact of Vegan vs Omnivorous Diets on Biomarkers of Inflammation in Muscle Recovery* (Master's thesis). New Zealand: At Massey University, Albany, New Zealand.
- Lehucher-Michel, M. P., Lesgards, J. F., Delubac, O., Stocker, P., Durand, P., & Prost, M. (2001). Stress oxydant et pathologies humaines. Bilan et perspectives préventives [Oxidative stress and human disease. Current knowledge and perspectives for prevention]. *Presse medicale (Paris, France: 1983)*, 30(21), 1076–1081.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., & Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265–275.
- Miura, T., Muraoka, S., & Ogiso, T. (1998). Antioxidant activity of adrenergic agents derived from catechol. *Biochemical pharmacology*, 55(12), 2001–2006. [https://doi.org/10.1016/s0006-2952\(98\)00075-6](https://doi.org/10.1016/s0006-2952(98)00075-6)
- Moure, A., Cruz, J.M., Franco, D., Dominguez, J.M., Sinero, J., Dominguez, H., Nuñez, J.M., & Parajó, J.C. (2001). Natural antioxidants from residual source. *Food Chemistry*, 72(2), 145–171.
- Nasiri, M., et al. (2021). Training, t-resveratrol and oxidative stress. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 91(5–6), 507–512.
- Naoum, P. C. (2001). Radicales libres y daños eritrocitarios. *Revista de Hematología*, 1(3), 150–172.
- Nebli, J., Haufe, S., Eigendorf, J., Wasserfurth, P., Tegtbur, U., & Hahn, A. (2019). Exercise capacity of vegan, lacto-ovo-vegetarian and omnivorous recreational runners. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 23.
- Nikolaidis, M.G., Jamurtas, A.Z., Paschalis, V., Kostaropoulos, I.A., Kladi-Skandali, A., Balamitsi, V., Koutedakis, Y., & Kouretas, D. (2006). Exercise-induced oxidative stress in G6PD-deficient individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(8), 1443–1450.
- Panda, P., Verma, H.K., Lakkakula, S., Merchant, N., Kadir, F., Rahman, S., Jeffree, M.S., Lakkakula, B.V.K.S., & Rao, P.V. (2022). Biomarkers of Oxidative Stress Tethered to Cardiovascular Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022, 9154295.
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Editora UAB/NTE/UFSM.
- Pfeiffer, A., Tomazini, F., Bertuzzi, R., & Lima-Silva, A.E. (2022). Sprint interval exercise performance in vegans. *Journal of the American Nutrition Association*, 41(4), 399–406.
- Philippi, S. T. (2002). *Tabela de composição de alimentos: Suporte para decisão nutricional* (2ª ed.). São Paulo: Editora Gráfica Colônário.
- Pinheiro, B. V., Lacerda, E. M., & Benzecry, E. H. (1998). *Tabela para avaliação do consumo alimentar com medidas caseiras* (4ª ed.). Rio de Janeiro: Atheneu.
- Pohl, A., Schünemann, F., Bersiner, K., & Gehlert, S. (2021). The Impact of Vegan and Vegetarian Diets on Physical Performance and Molecular Signaling in Skeletal Muscle. *Nutrients*, 13(11), 3884.
- Powers, S.K. & Lennon, S.L. (1999). Analyses of cellular responses to free radicals: focus on exercise and skeletal muscle. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(4), 1025–1033.

- Powers, S.K., Nelson, W.B., & Hudson, M.B. (2011). Exercise-induced oxidative stress in humans: cause and consequences. *Free Radical Biology and Medicine*, 51(5), 942–950.
- Ribeiro Cunha, L.M. (1989). Radicais livres do oxigênio em medicina. *Acta Portuguesa*, 2, 23–29.
- Scheffer, D. L. da, Pinho, C. A., Hoff, M. L. M., Silva, L. A. da Benetti, M., Moreira, J. C. F., & Pinho, R. A. (2012). Impacto do triatlon ironman sobre os parâmetros de estresse oxidativo. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 14(2), 174–182.
- Skjelbred, F. C., Saebo, M., Hjartaker, A., Grotmol, T., Hansteen, I., Tveit, K. M., Hoff, G., & Kure, E. H. (2007). Meat, vegetables and genetic polymorphisms and the risk of colorectal carcinomas and adenomas. *BMC Cancer*, 7, 228–239.
- Shitsuka et al. (2014). Matemática fundamental para a tecnologia. São Paulo: Ed. Érica. Vieira, S. (2021). Introdução à bioestatística. Ed.GEN/Guanabara Koogan.
- Souza, J., da Silva, R.A., da Luz Scheffer, D., Penteadó, R., Solano, A., Barros, L., Budde, H., Trostchansky, A., & Latini, A. (2022). Physical-Exercise-Induced Antioxidant Effects on the Brain and Skeletal Muscle. *Antioxidants*, 11(5), 826.
- Subudhi, A.W., Scott, L.D., Kipp, R.W., & Wayne, E.A. (2001). Antioxidant status and oxidative stress in elite alpine ski racers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11(1), 32–39.
- Sunide, S., Tahake, K., Kitão, H, ND; & Navedomo, F. (1989). Exercise induced lipid peroxidation Nd leakage of enzymes before Nd after vitamin E Suplementation. *International Journal of Biochemistry*, 21(8), 835–847.
- Toassi, R. F. C. & Petry, P. C. (2021). Metodologia científica aplicada à área da Saúde. (2ed.) Editora da UFRGS.
- Uribarri, J., et al. (2011). Restriction of advanced glycation end products improves insulin resistance in human type 2 diabetes: potential role of AGER1 and SIRT1. *Diabetes Care*, 34(7), 1610–1616.
- Vannucchi, H., Moreira, E. A. M., Ferreira da Cunha, D., Junqueira Franco, M. V. M., Bernardes, M. M., & Alceu, A. J. (1998). Papel dos nutrientes na peroxidação lipídica. *Medicina (Ribeirão Preto)*, 31(1), 31–44.
- Vázquez, M. R. (2002) *La influencia de la dieta afrobaianha sobre el estrés oxidativo inducido por ejercicio físico extenuante*. (Tese de doutoramento). Univeresidad de León. Espanha
- Vázquez, M. R., El-Bachá, S. R., Souza, C. O., Machado T, J. B. M., Sereno R S; Villa V. J. G., & Rodrigues, L. E. A. (2011). Relações entre a dieta vegetariana o exercício físico e as enzimas antioxidantes. *Revista de Nutrição*, 24(3), 407–416.
- Vázquez, M. R., El-Bachá, S. R., Ordas, C. A., Ribeiro, B. E., Vicente, V. J. G., & Rodrigues, L. E. A. (2006). Dieta afro-bahiana, estrés oxidativo y ejercicio físico. *Revista de Nutrição*, 19(6), 673–683.
- Vinika, L., Vuori, J., & Ylikorkala, O. (1994). Lipid peroxides, prostacycline, Nd thromboxane A2 in runners during acute exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(3), 275–285.
- Volkovová, K., Dusinská, M., & Collins, A. R. (2006). From oxidative DNA damage to molecular epidemiology. *Journal of Applied Biomedicine*, 4(1), 39–43. CRC Press.
- Wrobel, K., Wrobel, K., Ortiz, S.J., & Escobosa, A.R.C. (2017). What are ages, their chemical structure, and how can they be Wautier, M.; Guillausseau, P.; Wautier, J. Activation of the receptor for Advanced Glycation End Products and consequences on health. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 11(4), 305–309, 2017. measured? In J. Uribarri (Ed.), *Dietary Ages and Their Role in Health and Disease* (pp. 3–17).
- Xia, Q., Casas-Martinez, J.C., Zarzuela, E., Muñoz, J., Miranda-Vizuet, A., Goljanek-Whysall, K., & McDonagh, B. (2023). Peroxiredoxin 2 Is Required for the Redox Mediated Adaptation to Exercise. *Redox Biology*, 60, 102631.
- Zulfahmidah, Z., & Safei, I. (2022). The Role of Reactive Oxygen Species in Muscle: Beneficial/Harmful. *Green Medical Journal*, 4(2), 84–92.