

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO**

LUIS HENRIQUE FACUNDE DA SILVA

**REPERCUSSÕES DO TREINAMENTO RESISTIDO DE ALTA INTENSIDADE
ASSOCIADO A UMA DIETA OBESOGÊNICA SOBRE A MORFOLOGIA DO
TECIDO ADIPOSEO DE RATAS GESTANTES**

Recife

2024

LUIS HENRIQUE FACUNDE DA SILVA

**REPERCUSSÕES DO TREINAMENTO RESISTIDO DE ALTA INTENSIDADE
ASSOCIADO A UMA DIETA OBESOGÊNICA SOBRE A MORFOLOGIA DO
TECIDO ADIPOSEO DE RATAS GESTANTES**

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Nutrição da Universidade
Federal de Pernambuco como requisito para
a obtenção do grau de nutricionista.

Orientadora: Prof. Dra. Gisélia Santana Muniz
Coorientadora: Ma. Débora Priscila Lima de Oliveira

Recife
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Luis Henrique Facunde da.

Repercussões do treinamento resistido de alta intensidade associado a uma dieta obesogênica sobre a morfologia do tecido adiposo de ratas gestantes / Luis Henrique Facunde da Silva. - Recife, 2024.

37 p. : il., tab.

Orientador(a): Gisélia Santana Muniz

Coorientador(a): Débora Priscila Lima de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Nutrição - Bacharelado, 2024.

1. Tecido Adiposo. 2. Exercício Físico. 3. Gestação. 4. Dieta Obesogênica. I. Muniz, Gisélia Santana. (Orientação). II. Oliveira, Débora Priscila Lima de. (Coorientação). IV. Título.

610 CDD (22.ed.)

LUIS HENRIQUE FACUNDE DA SILVA

**REPERCUSSÕES DO TREINAMENTO RESISTIDO DE ALTA INTENSIDADE
ASSOCIADO A UMA DIETA OBESOGÊNICA SOBRE A MORFOLOGIA DO
TECIDO ADIPOSEO DE RATAS GESTANTES**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção de grau de Nutricionista.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Ma. Débora Priscila Lima de Oliveira (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^º. Dr. Fabiana Cristina Lima da Silva Pastich Gonçalves (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^º. Dr. Tássia Karin Ferreira Borba (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha mãe, que sempre me deu o incentivo e suporte para tanto.

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir que eu chegasse até aqui

A minha família, principalmente a minha mãe, por ser a minha base e por ser a mulher guerreira que me permitiu estar presente aqui hoje. Por me apoiar e me acolher com tanto amor e carinho.

Aos amigos que formei e cultivei ao longo da graduação, em especial Camila Bianca, Giselly Vitória, Heloísa Correia, José Ricardo, Juliana Dias e, minha namorada, Maria Wanessa. Vocês foram essenciais nessa trajetória.

Aos professores da graduação, que contribuíram para a minha formação e que são minha fonte de inspiração.

Ao meu grupo de pesquisa, a minha orientadora Gisélia Muniz e, em especial, minha coorientadora Débora Oliveira, por me acompanhar durante o desenvolvimento deste trabalho, minha gratidão pelas oportunidades e meu respeito e admiração. Agradeço também a FACEPE, CNPq e CAPES pelo auxílio e incentivo financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que acreditaram em meu potencial e que fizeram parte da minha formação acadêmica de forma direta ou indireta, muito obrigado.

RESUMO

O estudo teve o objetivo de avaliar os efeitos da dieta obesogênica associada ao treinamento resistido de alta intensidade sobre o perfil morfométrico do tecido adiposo em ratas gestantes. Foram utilizadas 28 ratas da linhagem Wistar, com idade entre 60 e 70 dias, nulíparas, divididas entre grupos Dieta Controle Não Treinada (DC-NT, n=7), Dieta Controle Treinada (DC-T, n=7), Dieta Obesogênica Não Treinada (DO-NT, n=7) e Dieta Obesogênica Treinada (DO-T, n=7). As dietas foram administradas antes e durante a gestação, com a dieta controle de acordo com as recomendações da AIN e obesogênica adaptada de Bortolin (2018). O protocolo de treinamento foi realizado em escada, 5 dias por semana, durante as semanas pré-gestacionais e gestacionais com sobrecarga de 80% da capacidade máxima para os grupos DC-T e DO-T. Os grupos DC-NT e DO-NT não foram submetidos ao protocolo de treinamento. A eutanásia ocorreu no 20º dia de gestação. OS parâmetros avaliados foram de peso corporal, consumo alimentar, peso do tecido adiposo, carga máxima carregada e morfometria de células adiposas. O grupo DO-T foi mais pesado durante as semanas pré-gestacional e gestacional. O consumo da dieta obesogênica reduziu em relação à dieta controle. O tecido adiposo branco retroperitoneal foi maior em DO-T que em DC-T. Embora não foram observadas diferenças no peso do tecido adiposo mesentérico entre os grupos de estudo. Além disso, a carga máxima carregada foi maior em DC-T que em DO-T nas semanas pré-gestacionais, mas sem alterações durante a gestação. Os animais alimentados pela dieta obesogênica apresentaram maior área e perímetro dos adipócitos no tecido adiposo branco mesentérico. Enquanto o grupo DC-T apresentou maior número de adipócitos em relação ao DO-T. Na conclusão, o consumo da dieta obesogênica aumentou o peso do tecido adiposo retroperitoneal e aumento do tamanho das células do tecido adiposo mesentérico. Ademais, a prática do treinamento resistido permitiu o ganho de peso gestacional e não interferiu na saúde materna.

Palavras-chave: Tecido Adiposo; Treinamento Resistido; Gestação; Dieta Obesogênica

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effects of an obesogenic diet associated with high-intensity resistance training on the morphometric profile of adipose tissue in pregnant rats. Twenty-eight Wistar lineage rats, aged between 60 and 70 days, nulliparous, were divided into groups: Control Diet Untrained (CD-UT, n=7), Control Diet Trained (CD-T, n=7), Obesogenic Diet Untrained (OD-UT, n=7), and Obesogenic Diet Trained (OD-T, n=7). The diets were administered before and during gestation, with the control diet according to AIN recommendations and the obesogenic diet adapted from Bortolin (2018). The training protocol was conducted on a ladder, 5 days a week, during pre-gestational and gestational weeks with an overload of 80% of maximum capacity for the CD-T and OD-T groups. The CD-UT and OD-UT groups were not subjected to the training protocol. Euthanasia occurred on the 20th day of gestation. The parameters evaluated were body weight, food consumption, adipose tissue weight, maximum load carried, and adipose cell morphometry. The OD-T group was heavier during pre-gestational and gestational weeks. The obesogenic diet had reduced consumption compared to the control diet. Meanwhile, retroperitoneal white adipose tissue was larger in OD-T than in CD-T. Although no differences were observed in mesenteric adipose tissue weight between the study groups. Additionally, the maximum load carried was higher in CD-T than in OD-T in the pre-gestational weeks but without changes during gestation. Furthermore, animals fed the obesogenic diet presented a larger area and perimeter of adipocytes in mesenteric white adipose tissue. While the CD-T group showed a higher number of adipocytes compared to OD-T. In conclusion, consumption of the obesogenic diet increased retroperitoneal adipose tissue weight and increased the size of mesenteric adipose tissue cells. Furthermore, resistance training allowed for gestational weight gain and did not interfere with maternal health.

Keywords: Adipose Tissue; Resistance Training; Pregnancy; Obesogenic Diet

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1	Consequências do excesso de peso e obesidade na gestação.....	10
2.1.1	Epidemiologia do excesso de peso e obesidade.....	10
2.1.2	Excesso de peso durante a gestação.....	11
2.2	Fisiopatologia do tecido adiposo na obesidade.....	12
2.3	Efeitos do treinamento resistido no tecido adiposo branco na gestação.....	14
2.4	Repercussões do consumo habitual da dieta hiperlipídica.....	16
3	OBJETIVOS.....	18
3.1	Objetivo geral.....	18
3.2	Objetivos específicos.....	18
4	METODOLOGIA.....	19
4.1	Questões éticas.....	19
4.2	Animais.....	19
4.3	Protocolo de treinamento resistido.....	19
4.4	Grupos experimentais.....	21
4.5	Manipulação da dieta.....	21
4.6	Avaliação do consumo alimentar.....	22
4.7	Monitoramento do peso corporal.....	22
4.8	Análises histológicas.....	22
4.9	Análises estatísticas.....	23
5	RESULTADOS.....	24
6	DISCUSSÃO.....	29
7	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

O período da gestação e a primeira infância são períodos considerados críticos para o desenvolvimento, devido à grande diferenciação celular. Nesse período, o corpo da mulher sofre alterações e adaptações fisiológicas, desde mudanças hormonais, aumento de mamas e aumento do peso corporal, em maioria, por aumento de massa gordurosa (Kazma et al., 2020).

A capacidade de armazenar energia no tecido adiposo foi um fator determinante para a evolução humana, pois permitia ao ser humano se manter vivo em período de baixa oferta de alimentos. Porém, atualmente essa característica tende a promover um estado de desequilíbrio energético, pois no estilo de vida contemporâneo os alimentos estão mais presentes em diversos horários do dia para a maioria das pessoas (Halpern, 1999). No Brasil, o excesso de peso se tornou um problema de saúde pública e o déficit nutricional deixou de ser a principal preocupação. Observando que cerca de 60% da população adulta brasileira se encontra no estado de excesso de peso, onde 20% são classificados com obesidade (VIGITEL, 2021).

A obesidade é uma doença e fator de risco para distúrbios como doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) de caráter endócrino, metabólico, cardiovascular, com também limitações e estresse biomecânico. Esse quadro também gera preocupações devido ao seu perfil inflamatório, que predispõe o indivíduo às demais complicações. Apesar disso, se trata de uma condição multifatorial, podendo ser influenciada por predisponentes genéticos, fatores comportamentais e estilo de vida (Lin; Li, 2021).

Do ponto de vista da alimentação, a vida moderna tem prezado pela praticidade no consumo de alimentos, o que levou ao crescimento do consumo de alimentos mais palatáveis e, em maioria, pouco nutritivos (Canhada et al., 2020). Em destaque o consumo de ultraprocessados que por apresentarem baixo custo também têm um alto consumo. Por serem ricos em energia, açúcar, gordura e sódio contribuem para o excesso de peso e seus efeitos deletérios (Canhada et al., 2020).

Com a maior parte da população acima do peso, o quantitativo de mulheres em idade reprodutiva que engravidam com excesso de peso ou que o desenvolvem durante a gestação também cresceu. Assim, ressaltou-se meio de prevenção para o desenvolvimento de DCNT na gestação, como meio preocupação para Diabetes

Mellitus Gestacional (DMG) e Pré-eclâmpsia (Corrales; Vidal-Puig; Medina-Gómez, 2021). Além de preocupações com o desenvolvimento do fetal, em que tem sido descrito que o excesso de peso pode contribuir com a macrosomia, inflamação placentária e até determinar hábitos alimentares e predisposição do feto à obesidade (Mahany et al., 2018).

A prática regular de exercícios, age como um modulador que pode induzir adaptações fisiológicas (Bellicha et al., 2021). Dessa forma, o treinamento resistido (TR) é um dos tipos que promovem o ganho de massa muscular e pode reduzir os níveis de gordura corporal (Lopez et al., 2021, 2022) . Através do controle da intensidade do treinamento o TR pode ser recomendado para gestantes sem complicações metabólicas ou obstétricas, agindo como um elemento de contrarregulação aos efeitos do excesso de tecido adiposo (Birsner; Gyamfi-Bannerman, 2015; Westcott, 2012).

Diante do exposto, este trabalho tem o objetivo avaliar se a prática constante do treinamento de resistência pode ter a capacidade de interagir com ganho de peso corporal de ratas gestantes induzidas à obesidade por meio de uma dieta hipercalórica-hiperlipídica. Além disso, também serão avaliados a morfometria do tecido adiposo mesentérico, peso livre de gorduras e consumo alimentar.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Consequências do excesso de peso e obesidade na gestação

2.1.1. Epidemiologia do excesso de peso e obesidade

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a obesidade é definida como o excesso ou acúmulo anormal de gordura que pode apresentar risco à saúde. Com o seu diagnóstico sendo realizado através do cálculo do índice de massa corporal (IMC), que indica sobrepeso quando acima de 25 e obesidade quando acima de 30 (Lin; Li, 2021). Porém, a instalação da obesidade não tem sua origem a partir de uma única causa, pois esse quadro envolve a combinação de fatores genéticos, epigenéticos, socioculturais, econômicos, comportamentais, prática de atividade física e o consumo de alimentos em excesso (Safaei et al., 2021).

No contexto atual, cerca de 57,2% da população brasileira adulta cursa com excesso de peso e 22,4% com obesidade (VIGITEL, 2021). Nessa perspectiva, observa-se que a maioria da população adulta está exposta aos fatores de ganho de peso excessivo, o que aumenta o potencial para o desenvolvimento de síndromes metabólicas e sistêmicas (Chait; Den Hartigh, 2020). Assim, essa condição favorece o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) como a hipertensão arterial sistêmica (HAS), diabetes mellitus tipo 2 (DM2), doença coronariana e acidente vascular encefálico (AVE) (Safaei et al., 2021).

De forma concomitante, também houve o aumento do consumo de alimentos ultraprocessados pela população brasileira (Canhada et al., 2020). Os alimentos ultraprocessados, em maioria, apresentam em sua composição elevada quantidade de calorias, açúcares simples, gordura saturada, trans e baixa quantidade de vitaminas, minerais e fibras alimentares, não os classificando como alimentos nutricionalmente adequados (Da Costa Louzada et al., 2018). Ao longo prazo, o consumo habitual dessa classe de alimentos está associado com ganho de peso e o desencadeamento de Doenças e Agravos Não Transmissíveis (DANT), haja vista, que em média 25% das calorias diárias da população brasileira é proveniente de alimentos ultraprocessados (Canhada et al., 2020).

Além da má alimentação, o sobrepeso e obesidade estão associadas à inatividade física e ao comportamento sedentário (Silveira et al., 2022). Por isso, indivíduos nessa situação estão mais susceptíveis ao maior ganho de peso, menor aptidão física, risco cardiometabólico, distúrbios do sono, baixo nível psicológico e câncer (Friedenreich; Ryder-Burbidge; Mcneil, 2021; Schnurr et al., 2021). Ainda mais, recentemente o período de *lockdown* vivido na pandemia por COVID19, decretada em 2020, resultou em diminuição significativa no nível de atividade física, que também resultou em aumento da área de gordura visceral (AGV) (Kinoshita et al., 2023) .

Portanto, o sobrepeso e a obesidade podem ocorrer devido ao excesso de energia consumida, inatividade física e sedentarismo, pois contribuem para o acúmulo de gordura corporal. Assim, as complicações podem ocorrer devido a disfunções funcionais do tecido adiposo, sobretudo, do tecido adiposo branco visceral (TAV), por estar mais associado com as disfunções metabólicas e sistêmicas associadas com a obesidade (Koenen et al., 2021).

2.1.2. Excesso de peso durante a gestação

A abrangência global da prevalência do sobrepeso e obesidade também significou o aumento de mulheres em idade fértil que iniciam a gestação com sobrepeso ou obesidade (Langley-Evans; Pearce; Ellis, 2022). Esse quadro é um importante fator de risco para o desenvolvimento de diabetes gestacional (DMG), pré-eclâmpsia e maior exposição do feto a distúrbios neurológicos, DM2, doenças cardíacas e obesidade na vida adulta (Napso Et Al., 2022).

No período pré-gestacional as mulheres com sobrepeso/obesidade podem apresentar distúrbios endometriais, ciclo menstrual, ter a chances de implantação diminuída e redução da qualidade do ovócito. Nessa perspectiva, mulheres com IMC mais elevado podem apresentar dificuldades em engravidar ou insucesso de implantação (Corrales; Vidal-Puig; Medina-Gómez, 2021).

Além desses fatores, ocorre o aumento do risco de complicações metabólicas na gravidez, desde alteração na sensibilização da insulina, DMG, pré-eclâmpsia, e maior armazenamento de gordura (Plows et al., 2018). No entanto, no metabolismo normal da gestação ocorrem adaptações que geram resistência à insulina, hiperinsulinemia e hiperglicemia no metabolismo materno como meio de suprir as

necessidades nutricionais do feto. Contudo, em mães com excesso de peso, tais adaptações metabólicas podem ocorrer de forma inadequada, gerando distúrbios no metabolismo materno e no crescimento fetal, como bebês grandes para idade gestacional (GIG) ou pequenos para idade gestacional (PIG) (Nogues *et al.*, 2019).

Com isso, também foram relatadas alterações na morfologia placentária, diminuição da eficiência placentária (relação peso feto/placenta), zonas de necrose na zona do labirinto (região de transporte de nutrientes) e em alguns casos redução do peso placentário. A placenta é um órgão essencial para o desenvolvimento fetal e alterações podem ocasionar distúrbios no crescimento e desenvolvimento fetal (MAHANY *et al.*, 2018).

2.2. Fisiopatologia do tecido adiposo na obesidade

O tecido adiposo (TA) desempenha papel essencial na homeostase energética, com capacidade de armazenar a energia em excesso advinda da alimentação em forma de triglicerídeos, por conta da característica expansiva dos adipócitos (Chait; Den Hartigh, 2020). O TA é classificado de acordo com sua função e localização. Assim, é chamado de tecido adiposo marrom (TAM) quando tem o papel de manter a homeostase térmica corporal ao oxidar os lipídios armazenados, por isso, esse tecido apresenta maior quantidade de mitocôndrias (Goossens, 2017). Por outro lado, o tecido adiposo branco (TAB) funciona como reservatório energético corporal, sendo classificado em subcutâneo, quando localizado sob a pele, e visceral, quando localizado na região intra-abdominal ou central (Chait; Den Hartigh, 2020; Goossens, 2017). A metabolização dos lipídios tem papel essencial na homeostase energética corporal no estado de jejum ou déficit calórico (Goossens, 2017).

A característica de armazenamento só é possível pelo TA apresentar uma alta capacidade de remodelação por meio do aumento do número de adipócitos. Porém, na obesidade, o TA pode ter a expansão limitada, comprometendo a capacidade de armazenamento (Corrales; Vidal-Puig; Medina-Gómez, 2021). Com a limitação da síntese de novas células, os adipócitos passam a armazenar maiores quantidades de lipídios no meio intracelular, assim, causando a hipertrofia dos adipócitos (Suárez-Cuenca *et al.*, 2021). Conseqüentemente, esse quadro foi associado com o aumento da glicemia, pressão alta e menores valores colesterol

HDL, bem como, maior expressão de adipocinas pró-inflamatórias (Suárez-Cuenca et al., 2021) .

Com a limitação mecânica no armazenamento, os lipídios passam a ser acomodados em diferentes regiões e tecidos corporais, o que caracteriza o acúmulo de gordura ectópica (Corrales; Vidal-Puig; Medina-Gómez, 2021). O acúmulo ectópico quase sempre ocorre em maior quantidade nas áreas centrais do corpo, que incluem a região epicárdica, o acúmulo intra-hepático, região perivascular, mesentérica e retroperitoneal (Chait; Den Hartigh, 2020). Esse armazenamento anormal em diferentes órgãos e regiões é um forte fator de risco para o desenvolvimento da resistência à insulina (RI), diabetes mellitus tipo 2 (DM2), disfunção cardiovascular e síndrome metabólica (SM) (Goossens, 2017).

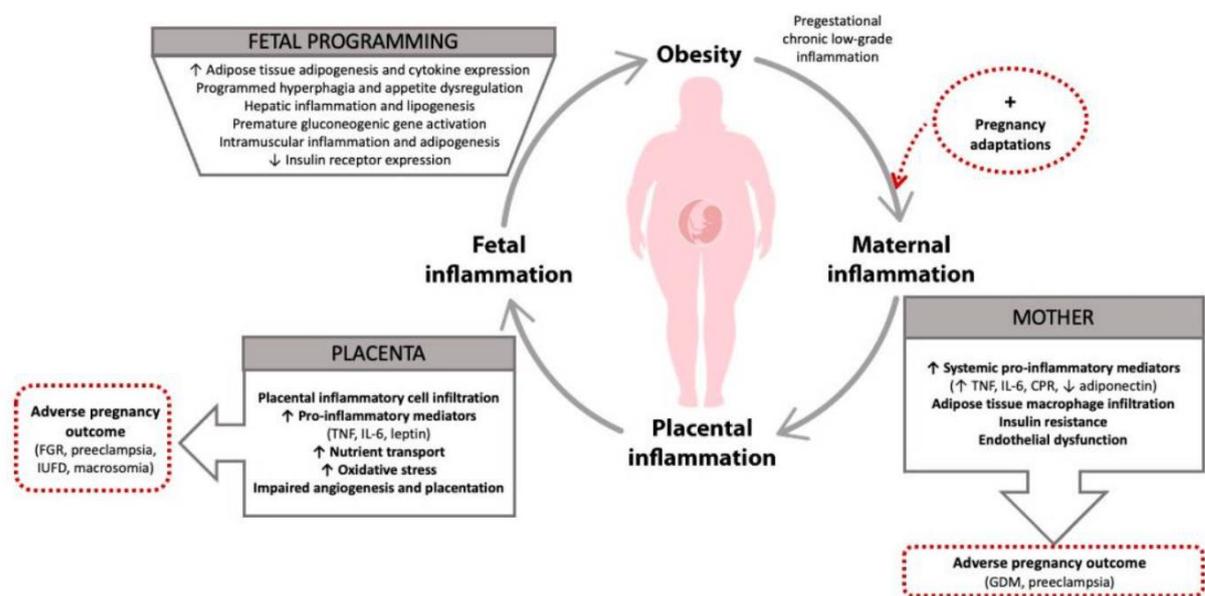
O TA possui natureza endócrina, pois produz substâncias biologicamente ativas denominadas adipocinas, que em decorrência da obesidade têm sua expressão desregulada (Furukawa et al., 2004). Dentre essas, a adiponectina tem papel na sensibilização da insulina e age como protetor aterogênico, entretanto, a diminuição de sua expressão é um importante fator para dessensibilização da insulina. Ademais, o TNF- α trata-se de uma citocina pró-inflamatória, no qual o aumento de sua liberação contribui para o desenvolvimento da resistência à insulina e inflamação do TAB (Furukawa et al., 2004).

A consequência mais discutida da disfunção do TA na obesidade se trata da inflamação prolongada de baixa intensidade ou inflamação crônica de baixo grau (Corrales; Vidal-Puig; Medina-Gómez, 2021). Essa inflamação tem como um de seus fatores a infiltração de macrófagos no TAB, que ocorre por conta da necrose de adipócitos durante a expansão rápida do TA. Pois, após a necrose, os macrófagos se agregam e formam sincícios ao redor das gotículas lipídicas residuais, contribuindo com a cronicidade da inflamação (Sun; Kusminski; Scherer, 2011). Os efeitos da inflamação ocorrem principalmente no TA visceral, pois apresenta maior concentração de macrófagos em comparação com o TA subcutâneo (Sun; Kusminski; Scherer, 2011). Ainda mais, o acúmulo de gordura está relacionado com o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) que promovem um quadro de estresse oxidativo (Furukawa et al., 2004).

De forma concomitante, estudos experimentais demonstraram que os macrófagos e mediadores inflamatórios (IL-6 e TNF- α) aumentam na placenta de gestantes obesas, e criam um ambiente inflamatório local na placenta (Parisi et al.,

2021). Com isso, como as citocinas agem como reguladores da expressão dos transportadores de nutrientes na placenta, ocorre o aumento do transporte de nutrientes através da placenta, contribuindo com o crescimento fetal excessivo (Parisi et al., 2021). Por outro lado, foi descrito que o ambiente inflamatório pode culminar na diminuição da vasculogênese placentária, com consequência no maior estresse oxidativo e hipóxia fetal (Parisi et al., 2021). Dessa forma, a inflamação fetal induzida pelo transporte de citocinas pode causar efeitos lipotóxicos ao metabolismo, como também, efeitos a longo prazo na vida do feto. O ciclo inflamatório da obesidade e suas consequências na saúde materna e fetal são descritos na Figura 1.

Figura 1. Ciclo metabólico da inflamação crônica de baixo grau materna



Fonte: Parisi *et al*, 2021.

2.3. Efeitos do treinamento resistido no tecido adiposo branco na gestação

O treinamento físico é definido como um sistema que envolve exercícios progressivos que objetivam o aperfeiçoamento físico em aspectos funcionais e morfológicos (Rochel; Tricoli; Ugrinowitsch, 2011). O treinamento resistido (TR) é baseado na aplicação de uma sobrecarga externa em um segmento corporal visando a melhora da força, funcionalidade musculares e suas demais

manifestações (Chodzko-Zajko Et Al., 2009; Lopez et al., 2022). A intensidade do TR é definida de acordo com a carga voluntária máxima individual, sendo considerado leve (40 a 60% da carga máxima) ou de alta intensidade quanto acima de 70% da carga máxima suportada (Teixeira; Gomes, 2015). Também pode ser praticado em séries com volumes definidos ou até o limite máximo de repetições (falha muscular no exercício) com o objetivo de estimular a maior hipertrofia muscular (Grgic et al., 2022). Além disso, o TR, apresenta efeitos de conservação e manutenção da massa muscular esquelética, auxilia no controle de peso corporal, controle e prevenção de DANTs e redução de gordura corporal (Westcott, 2012).

Ainda mais, a prática constante do TR promove maior renovação proteica muscular, assim, aumenta as necessidades energéticas no estado de repouso na proporção de, aproximadamente, 20 kcal/dia para cada 1 kg de tecido muscular treinado, aumentando a taxa metabólica basal (TMB) (Westcott, 2012). Ademais, as sessões de treinamento e período de recuperação muscular pós-treino exigem maior disponibilidade energética, que concomitante à elevação da TMB pode auxiliar no processo de redução do excesso de gordura corporal (Westcott, 2012).

Além dos efeitos do TR sobre o metabolismo energético, a contração muscular estimula a expressão de proteínas que interagem com outros tecidos, as miocinas (Pedersen; Febbraio, 2012). Algumas miocinas são capazes de agir no metabolismo lipídico como a miostatina, que quando inativada resulta em acentuada hipertrofia muscular e em níveis elevados tem sido associada à obesidade. Em contrapartida, a IL-15 demonstra agir na diminuição do TAB e gordura visceral (Pedersen; Febbraio, 2012). Outrossim, a expressão muscular de IL-6 aumenta a captação de glicose pelo músculo esquelético, sensibilidade à insulina e redução de gordura corporal, embora os níveis elevados de IL-6 de forma crônica seja um importante marcador da inflamação crônica de baixo grau na obesidade (Kirk et al., 2020).

A prática de exercícios físicos aumenta a expressão de GLUT4, o que favorece a maior captação e sensibilização da glicose (Keating et al., 2022). No qual, ao considerar o ganho de massa muscular advindo da prática do TR, o crescimento da musculatura auxilia no controle glicêmico, pois o músculo esquelético é o maior tecido sensível à insulina e detém o GLUT4 como principal transportador de glicose (Keating et al., 2022).

A regulação do tecido adiposo branco pelo exercício também envolve o aumento da captação de glicose pelo TAB subcutâneo e expressão de genes envolvidos na oxidação dos ácidos graxos (Stroh; Stanford, 2023). Como também, na prática de corrida induz a redução da gordura corporal e na redução do tamanho dos adipócitos localizados no TAB inguinal (Tanimura et al., 2022).

A gestação é um período de fragilidade e, por isso, a prática dos exercícios físicos são cautelosas. Por isso, o *American College of Obstetricians and Gynecologists* (ACOG) recomenda, pelo menos, 150 minutos de exercícios de intensidade moderada, com média de ao menos 30 minutos por dia para mulheres grávidas sem complicações médicas. A continuidade das atividades, por mulheres que fisicamente ativas antes da gestação ou as que iniciam durante a gestação, são beneficiadas do potencial de prevenção a cerca de DMG, pré-eclâmpsia, fadiga e edema (Birsner; Gyamfi-Bannerman, 2015).

O estudo de Songstad et al. avaliou os efeitos do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) em ratas gestantes, com intensidade entre 50 a 90% do VO₂max demonstrou que a alta intensidade do exercício não afetou o peso corporal das mães (Songstad et al., 2015). Outro estudo associou o treinamento HIIT antes e após a gravidez de ratas relatou que não houve alterações no comportamento na prole, com potencial efeito cardioprotetor na prole (Mohammadkhani et al., 2023). Apesar desses estudos, as repercussões do treinamento resistido de alta intensidade associado à gestação e dieta obesogênica ainda carecem de mais evidências experimentais e clínicas.

2.4. Repercussões do consumo habitual da dieta hiperlipídica

A dieta ocidental é caracterizada por apresentar alimentos processados e ultraprocessados, em que são definidos como alimentos que passaram por processos que alteraram o seu estado natural (De Amicis et al., 2022). Os ultraprocessados, são alimentos comumente ricos em energia, gordura, açúcar, sal e pobres em fibras e micronutrientes (vitaminas e minerais) (De Amicis et al., 2022). Por isso, seu consumo habitual em grande quantidade pode gerar superávit calórico, culminando no ganho de peso excessivo (Safaei et al., 2021).

Vale destacar que essa classe de alimentos é rica em gorduras saturadas, onde o consumo de refeições com elevada quantidade de gordura saturada ativa os

receptores TLR4, liberando citocinas pró-inflamatórias que agem na barreira intestinal e no metabolismo celular (Malesza et al., 2021). A estimulação do TLR4 pela dieta eleva a expressão de TNF- α e IL-6 no estado pós-prandial quando ocorre o consumo de refeições ricas em gorduras, como também contribui com o estado inflamatório sistêmico de baixo grau (Malesza et al., 2021).

Além disso, um estudo realizado em ratos alimentados com dieta hiperlipídica demonstrou que os animais apresentaram maior ganho de peso, hiperlipidemia (elevação de LDL-c) e comprometimento da homeostase glicêmica (He et al., 2020). Outrossim, na gestação de camundongos foi relatado a ocorrência de maior adiposidade corporal, com aumento nos depósitos do tecido adiposo retroperitoneal e o aumento no teor de gordura do fígado, indicando um grau de esteatose (Lean et al., 2022).

Em ensaios com ratos e humanos foi observado que o consumo dos ácidos graxos saturados (AGS), mesmo em uma dieta isocalórica, está associado com o maior peso corporal e adiposidade visceral e hepática (Rosqvist et al., 2014). Vale ressaltar que o tipo de gordura e qualidade dos alimentos também influenciam nos resultados da composição corporal. Pois, uma dieta isocalórica hiperlipídica com proporções adequadas entre ácidos graxos saturados e poliinsaturados também pode promover a perda de peso, redução da circunferência abdominal e diminuição da gordura visceral (Veum et al., 2017).

Nesse sentido, esse tipo de alimentação tem potencial de induzir o ganho de peso excessivo, influir efeitos no metabolismo glicêmico e lipídico e contribuir com a inflamação crônica de baixo grau. Como também, ratas gestantes obesas tiveram desfechos negativos no desenvolvimento da prole, aumento de reabsorções e inflamação placentária (Mahany et al., 2018).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar as repercussões do treinamento resistido de alta intensidade associado a uma dieta obesogênica sobre a morfologia do tecido adiposo branco de ratas gestantes.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar nas ratas *in vivo*: ganho de peso corporal, consumo alimentar, capacidade de carregamento máximo.
- Avaliar nas ratas *post-mortem*: peso do tecido adiposo branco mesentérico, peso do tecido adiposo branco retroperitoneal e morfometria do tecido adiposo branco mesentérico.

4. METODOLOGIA

4.1. Questões Éticas

De acordo com as normas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) a execução do projeto foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Pernambuco, atendendo pelo número de protocolo 105/2021.

4.2. Animais

Foram utilizadas 28 ratas fêmeas, da linhagem Wistar, nascidas do biotério de criação do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco. As ratas foram acomodadas individualmente em gaiolas padrão, com livre acesso a água e comida, mantidas em biotério em ciclo claro das 20h às 8h e ciclo escuro das 8h às 20h. Para o início dos experimentos, de forma randomizada foram selecionadas ratas com idade entre 60 e 70 dias que não possuísem parentesco e fossem nulíparas. Quanto ao acasalamento, as ratas foram colocadas em pares, duas ratas para um macho. O diagnóstico da gravidez ocorreu pelo método de esfregaço vaginal, em que houve a visualização de espermatozoides em lâminas de muco vaginal e visualizadas em microscópio de campo claro (Marcondes, F. K., Bianchi, F. J. And Tanno, 2002). Após a confirmação da gravidez, as ratas foram separadas dos machos colocadas em gaiolas individuais e iniciadas no protocolo de gestação. Os animais foram eutanasiados no vigésimo dia de gestação para coleta dos tecidos.

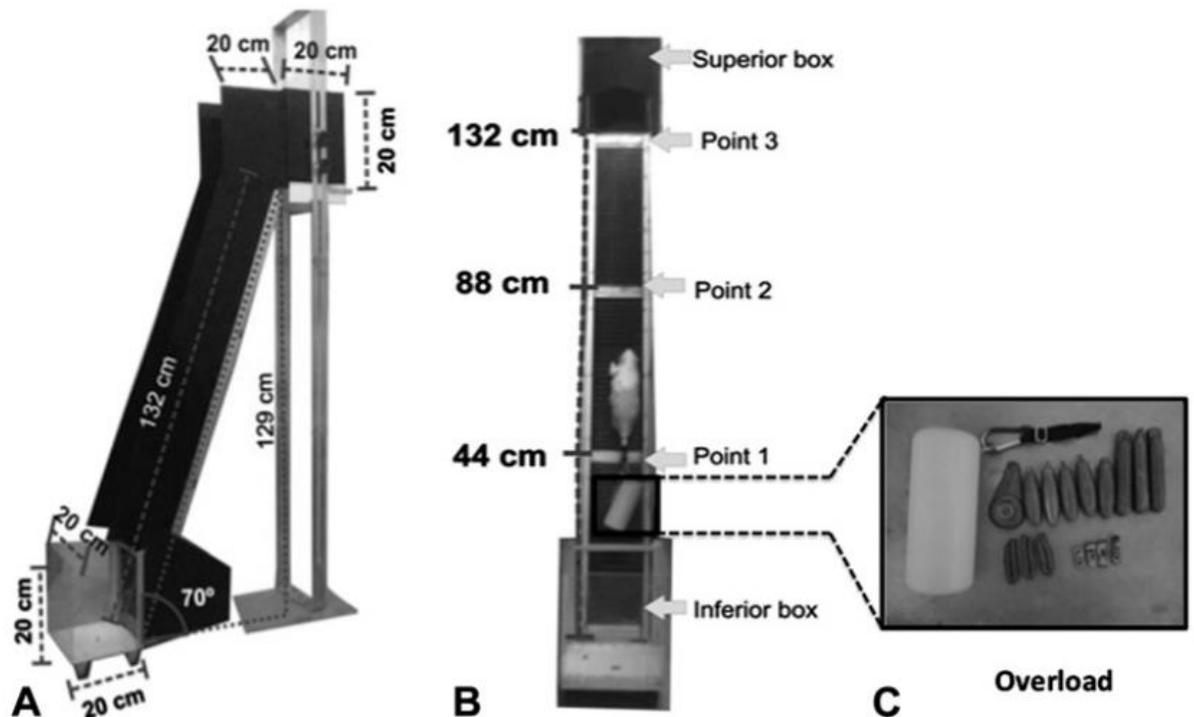
4.3. Protocolo de treinamento resistido

O instrumento utilizado para os treinamentos foi uma escada com 132 cm e 87 degraus, mantida na angulação de 70° com o solo. A atividade consistiu nas ratas escalarem a escada com a fixação de uma sobrecarga progressiva a cauda. Contudo, antes do início dos treinamentos, os animais foram adaptados ao aparato durante 5 dias (Antonio-Santos et al., 2006). Após o período de adaptação, as ratas foram submetidas ao teste de capacidade de carregamento máximo (TCCM), para

estimar a sobrecarga máxima (Hornberger; Farrar, 2004). Os TCCMs tiveram o objetivo de acompanhar, individualmente, o ganho de força das ratas durante o treinamento. No primeiro TCCM a carga inicial correspondeu a 75% do peso corporal do animal, sendo adicionados 30 gramas a cada subida, até a rata completar 10 subidas ou apresentar duas tentativas falhas consecutivas. Nos TCCM subsequentes, foram utilizados 80% da sobrecarga na primeira subida, 100% da sobrecarga na segunda subida e a partir da terceira subida foram adicionados 30 gramas a cada subida. Entre cada subida houve um intervalo de 120 segundos.

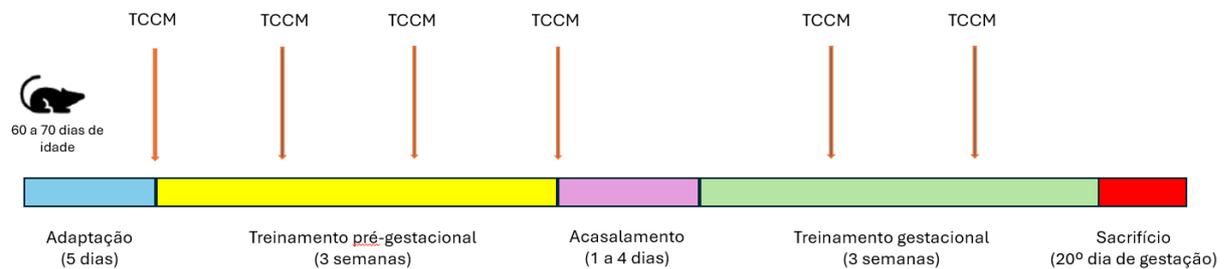
Antes da gestação, todas as ratas dos grupos treinados realizam 3 semanas de treino pré-gestacional, que consistiu em 9 subidas por 5 dias na semana. A intensidade da carga utilizada na primeira subida foi 50% e 80% nas demais, da sobrecarga máxima da semana passada e intervalo de 90 segundos durante as subidas. Após a confirmação da gestação, as ratas iniciaram as semanas de treinamento gestacional, houve manutenção da intensidade de sobrecarga em 80% com início das sessões as 13:00 horas. O protocolo se encerrou ao vigésimo dia de gestação.

Figura 2. Aparato de treinamento resistido



(A) Vista lateral do aparelho de treinamento (altura: 129 cm; largura: 20 cm; tamanho: 132 cm; com 87 degraus e 1 cm entre os degraus). (B) Vista frontal do aparelho de treinamento com os pontos para colocação dos ratos (caixa inferior transparente, ponto 1–44 cm da base, ponto 2–88 cm da base, ponto 3–132 cm da base e caixa superior escura). (C) Mosquetão e cápsula para fixar a sobrecarga e as diferentes cargas utilizadas nos treinamentos.

Figura 3. Desenho experimental do protocolo de treinamento resistido



4.4. Grupos experimentais

Para a realização do estudo as ratas foram divididas em 4 grupos. O grupo Dieta Obesogênica Não Treinada (DO-NT, n=7) e grupo Dieta Controle Não Treinada (DC-NT, n=7) não participaram do protocolo de treinamento, e os grupos Dieta Obesogênica Treinado (DO-T, n=7) e Dieta Controle Treinado (DC-T, n=7) foram submetidos ao protocolo de treinamento descrito. A dieta obesogênica foi administrada a partir da semana de adaptação.

4.5. Manipulação da dieta

As ratas dos grupos Dieta Controle (DC) receberam dieta padrão que segue as recomendações do *American Institute of Nutrition* (AIN) durante todo o estudo. (Reeves; Nielsen; Fahey, 1993). Enquanto, a dieta obesogênica foi ofertada aos grupos Dieta Obesogênica (DO) adaptada de Bortolin durante os períodos pré-gestacional e gestacional (Bortolin et al., 2018).

Tabela 1. Dietas manipuladas

Ingredientes (g)	Dieta Controle ^a	Dieta Obesogênica ^b
Calorias (kcal/g)	3,73	4,79
Contribuição calórica dos macronutrientes		
Proteínas	23,6%	14,2%
Lipídeos	12,1%	47,0%
Carboidratos	64,3%	36,5%

Controle^a: Nuvilab; Obesogênica^b: Bortolin (2018).

4.6. Avaliação do consumo alimentar

O consumo foi avaliado semanalmente durante os períodos de adaptação, treinamento pré-gestacional e gestacional. Para isso foi utilizada a fórmula: Ofertado (g) – Rejeitado (g) = Consumo total. Para quantificar as calorias consumidas a gramatura consumida foi multiplicada por 3,73 (kcal/g) para os grupos com dieta controle e por 4,79 nos grupos com dieta obesogênica.

4.7. Monitoramento do peso corporal

Para o monitoramento do peso corporal foi utilizada a balança digital Marte modelo AD-2000, que tem capacidade máxima de 1000g com sensibilidade de 0,01g. A pesagem aconteceu semanalmente durante os períodos de adaptação, treinamento pré-gestacional e treinamento gestacional, sendo aferido antes da realização do TCCM semanal.

4.8. Análises Histológicas

As amostras de tecido adiposo passaram pelo processo padrão para formação de lâminas histológicas. Assim, elas foram desidratadas em álcool etílico, diafanizadas em xilitol, impregnadas em parafina e cortadas em parafina e cortadas em micrótomo e para visualização a coloração foi em hematoxilina-eosina (HE). O

registro das imagens foi feito pela câmera Nikon Eclipse E200 acoplada ao microscópio e captura realizada pelo software Motic Imagens Plus versão 2.0 e morfologia analisado pelo software ImageJ versão 1.43. Para análise de morfometria foram padronizadas 10 imagens de lâminas histológicas para cada animal, onde para contagem de células foram considerados os quadrantes superior e direito como limite.

4.9. Análises estatísticas

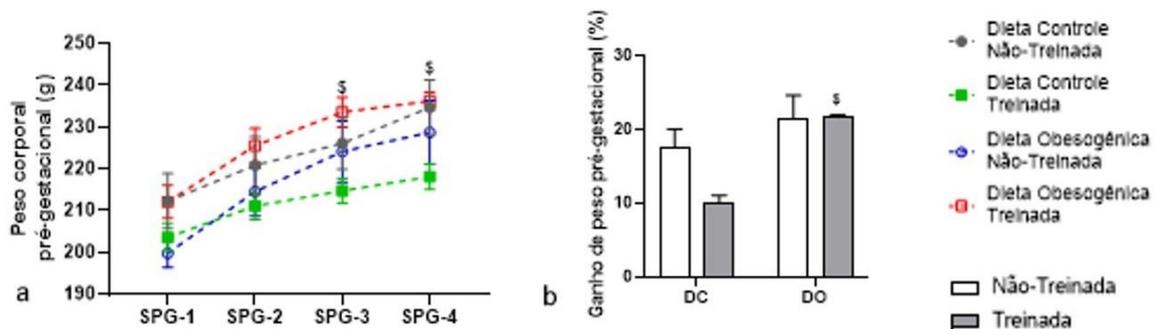
As análises estatísticas foram realizadas com o software GraphPadPris 6, as comparações foram por teste ANOVA *one* e *two-way*, foi utilizado teste Turkey para teste post-hoc e Kruskal-Wallis para dados não paramétricos. Os dados tiveram $p < 0,05$ de significância.

5. RESULTADOS

Os grupos Dieta Controle Não-Treinado, Dieta Controle Treinado, Dieta Obesogênica Não-Treinado e Dieta Obesogênica Treinado foram analisados e comparados com relação ao ganho peso de pré-gestacional, gestacional, consumo alimentar pré-gestacional e gestacional e quanto à morfometria das células do tecido adiposo mesentérico.

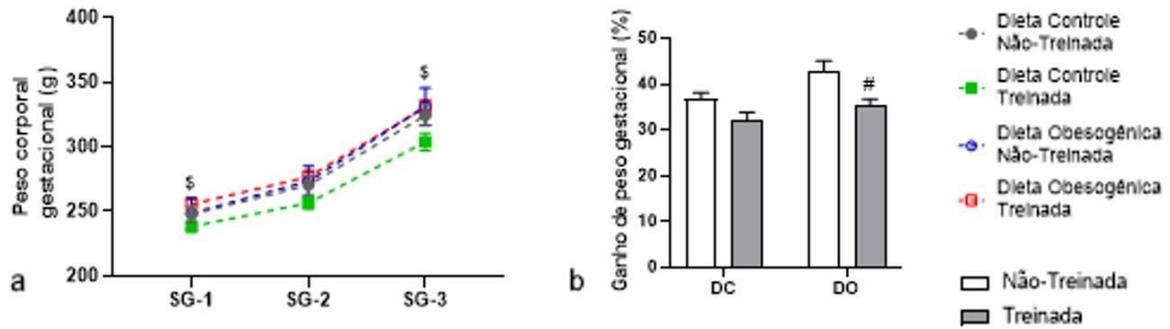
Diante disso, foram descritos a evolução do peso corporal no período pré-gestacional (Gráfico 1a), bem como a evolução do peso relativo entre os grupos (Gráfico 1b). Os animais do grupo DC-T tiveram um menor peso corporal em SPG-3 e SPG-4, se comparados com DO-T (Gráfico 1a), sem diferenças significativas entre os outros grupos. Ao analisar o Gráfico 1b, nota-se que os animais do grupo DO-T tiveram ganho de peso maior que o grupo DC-T. Sem diferenças entre os outros grupos.

Gráfico 1. Evolução do peso pré-gestacional



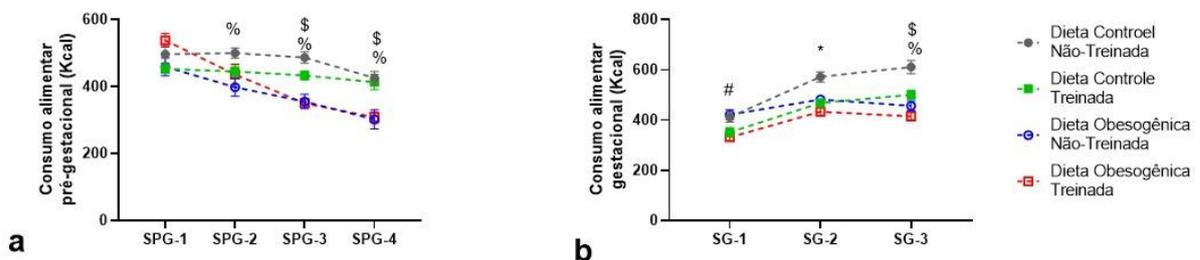
(a) Peso corporal pré-gestacional e (b) Ganho de peso pré-gestacional. DC – Dieta Controle e DO – Dieta Obesogênica. SPG – Semana Pré-Gestacional. \$ = DCT vs DOT. # = DONT vs DOT. * = DCT vs DCNT. % = DONT vs DCNT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

A evolução do peso ao longo da gestação foi acompanhada semanalmente (Gráfico 2), contabilizada desde o dia de confirmação da gestação. Nesse período verificou-se que na primeira e terceira semanas o grupo DO-T foi mais pesado que o grupo DC-T (Gráfico 2a). Ao analisar o ganho de pesos relativos (Gráfico 2b), o grupo DO-T teve menor ganho de peso ao ser comparado com o grupo DON-T. Os demais grupos não apresentaram diferenças significativas.

Gráfico 2. Evolução do peso corporal gestacional

(a) Peso corporal gestacional e (b) Ganho de peso gestacional. DC – Dieta Controle e DO – Dieta Obesogênica. SG – Semana Gestacional. \$ = DCT vs DOT. # = DONT vs DOT. * = DCT vs DCNT. % = DONT vs DCNT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

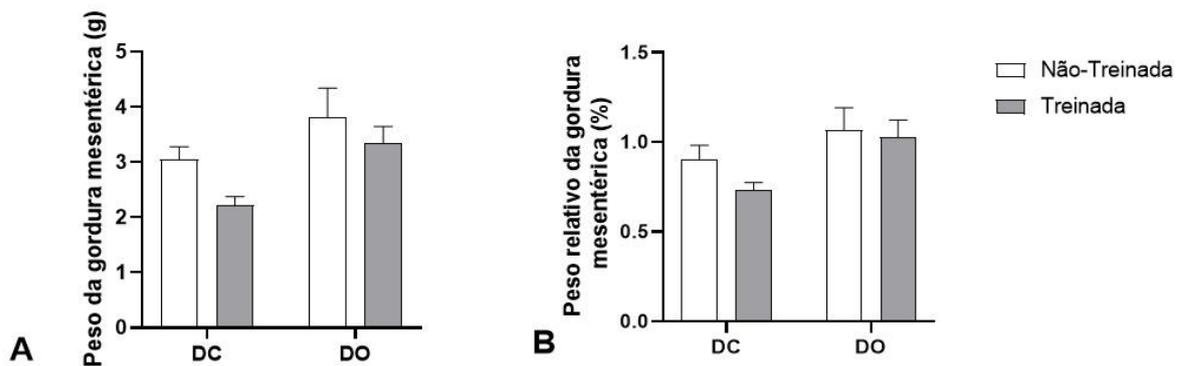
O consumo alimentar foi avaliado semanalmente nos períodos pré-gestacional e gestacional. No período pré-gestacional (gráfico 3a) os grupos alimentados com a dieta controle (DCT e DCNT) consumiram mais ração a partir da segunda semana de experimento ($p < 0,05$). No período gestacional (gráfico 3b), na primeira semana o DO-NT teve maior consumo se comparado com o grupo DO-T. Na segunda semana, DC-NT teve maior consumo do que DC-T, que se manteve a terceira semana. Enquanto na terceira semana DC-T consumiu mais que DO-T.

Gráfico 3. Consumo alimentar pré-gestacional e gestacional

(a) Consumo alimentar pré-gestacional e (b) Consumo alimentar gestacional. SPG – Semana pré-gestacional e SG – Semana gestacional. \$ = DCT vs DOT. # = DONT vs DOT. * = DCT vs DCNT. % = DONT vs DCNT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

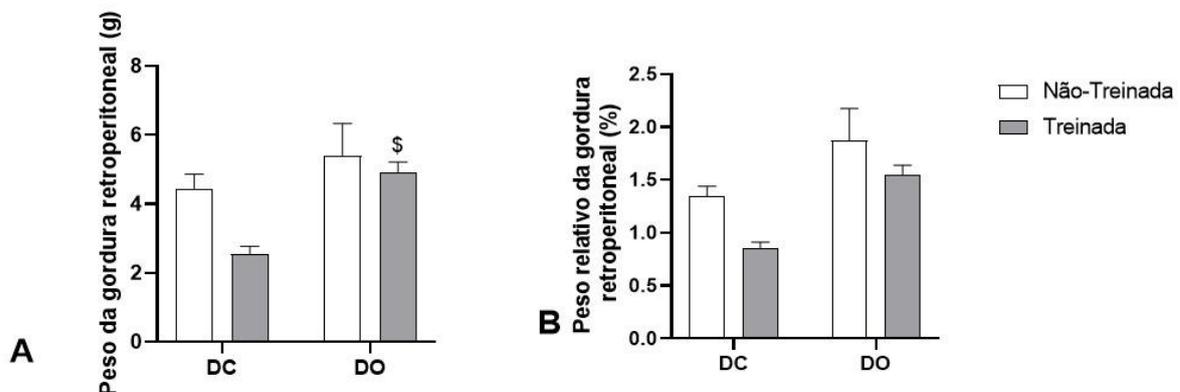
Após a eutanásia dos animais no 20º dia de gestação foram pesados o tecido adiposo branco mesentérico (Gráfico 4A) e tecido adiposo branco retroperitoneal (Gráfico 5A). Não houve diferenças significativas na análise do tecido adiposo mesentérico entre os grupos e nem na comparação do peso relativo entre os grupos (Gráfico 4B). Nas relações do tecido adiposo retroperitoneal, o grupo DO-T apresentou um maior peso quando comparado com o grupo DC-T (Gráfico 5A) ($p < 0,05$). Ao avaliar o peso relativo do coxim mesentérico (Gráfico 5B), não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos.

Gráfico 4. Peso do tecido adiposo mesentérico



(A) Peso da gordura mesentérica e (B) Peso relativo da gordura mesentérica. DC – Dieta Controle e DO – Dieta Obesogênica. \$ = DCT vs DOT. # = DONT vs DOT. * = DCT vs DCNT. % = DONT vs DCNT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

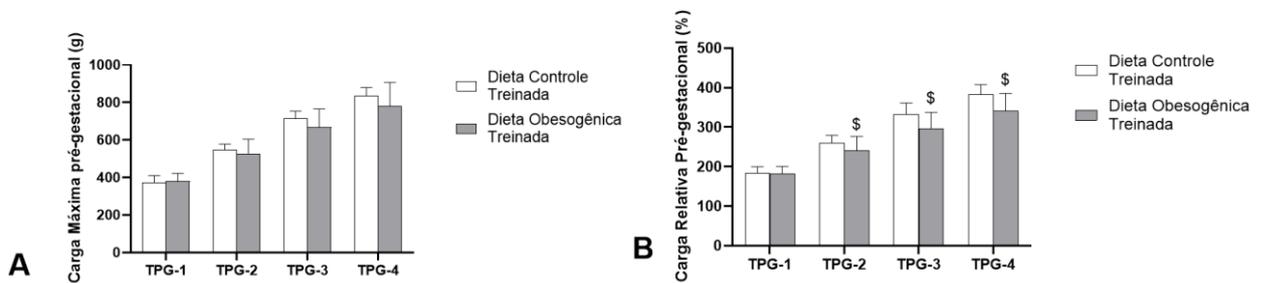
Gráfico 5. Peso do tecido adiposo retroperitoneal



(A) Peso da gordura retroperitoneal e (B) Peso relativo da gordura retroperitoneal. DC – Dieta Controle e DO – Dieta Obesogênica. \$ = DCT vs DOT. # = DONT vs DOT. * = DCT vs DCNT. % = DONT vs DCNT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

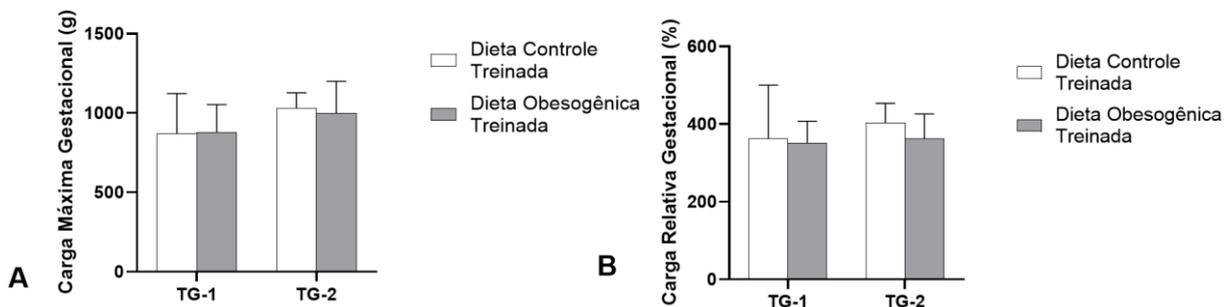
As ratas dos grupos treinados realizaram o Teste de Capacidade de Carregamento Máxima (TCCM) ao final de cada semana do protocolo de treinamento pré-gestacional (Gráfico 6) e gestacional (Gráfico 7). Não houve diferença da carga máxima carregada entre os grupos treinados no período pré-gestacional (Gráfico 6a). Contudo, ao analisar a carga relativa o grupo DC-T teve maior aumento da carga em relação ao DO-T (Gráfico 6B). Não houve diferença na carga máxima no período gestacional (Gráfico 7A) e nem na carga relativa (Gráfico 7B) entre os grupos experimentais.

Gráfico 6. Carga Máxima Pré-gestacional



(A) Carga Máxima Pré-gestacional e (B) Carga Relativa Pré-gestacional. TPG – Teste Pré-gestacional. \$ = DCT vs DOT. # = DONT vs DOT. * = DCT vs DCNT. % = DONT vs DCNT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

Gráfico 7. Carga Máxima Gestacional



(A) Carga Máxima Gestacional e (B) Carga Relativa Gestacional. TG – Teste Gestacional. \$ = DCT vs DOT. # = DONT vs DOT. * = DCT vs DCNT. % = DONT vs DCNT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

A morfometria foi aferida no tecido coletado na eutanásia no dia 20º dia de gestação, onde o objetivo foi avaliar o número de adipócitos, área e perímetro dos adipócitos. O grupo DC-T teve maior número de adipócitos ao ser comparado com os grupos DC-NT e DO-T (Tabela 2). Com relação a área dos adipócitos (Tabela 2),

os adipócitos do grupo DO-T foram maiores que do grupo DC-T, entres os grupos não treinados os de DO-NT foram maiores que os do DC-NT. Dentre os grupos alimentados com dieta obesogênica, a área dos adipócitos foi maior em DO-T do que em DO-NT. O perímetro dos adipócitos foi maior em DO-NT em relação a DC-NT e DO-T foi maior que DC-T (Tabela 2).

Tabela 2. Morfometria do tecido adiposo branco mesentérico

Grupos Experimentais	Tecido Adiposo Mesentérico		
	Número de adipócitos Média ± DP	Área dos adipócitos (µm ²) Média ± DP	Perímetro dos adipócitos (µm) Média ± DP
DC-NT	18,57 ± 0,87 *	1.921 ± 0.88 %	153.824 ± 4.654 %
DC-T	25,88 ± 1,3 \$	1.726 ± 0.61 \$	162.439 ± 2.571 \$
DO-NT	21,86 ± 0,82	2.138 ± 0.74 #	181.757 ± 2.940
DO-T	20 ± 0,86	2.417 ± 0.74	191.495 ± 2.797

Parâmetros morfométricos do tecido adiposo mesentérico. Grupos experimentais divididos em Dieta Controle Não Treinada (DC-NT, n=6), Dieta Controle Treinada (DC-T, n=7), Dieta Obesogênica Não Treinada (DO-NT, n=7), Dieta Obesogênica Treinada (DO-T, n=8). Dados apresentados em média ± erro padrão. Foi utilizado teste de Kruskal-Wallis, pós teste de Dunn. \$ = DCT vs DOT. # = DONT vs DOT. * = DCT vs DCNT. % = DONT vs DCNT. p<0,05.

6. DISCUSSÃO

Tendo em vista que o estilo de vida materno, a nutrição e o nível de atividade física antes e durante a gestação, possuem influência na saúde materna e no desenvolvimento fetal. Com isso, esse estudo investigou os efeitos da dieta obesogênica associada ao TR de alta intensidade, por meio da adaptação do protocolo de treinamento em escada de Antonio-Santos e colaboradores (2006) durante a gestação de ratas wistar. Sendo assim, foi analisado o peso corporal das ratas treinadas e não treinadas no período pré-gestacional. Dessa forma, dentre os grupos treinados, as ratas do grupo DO-T foram mais pesadas nas semanas 3 e 4, esse grupo também foi o que teve o maior ganho de peso (Gráfico 1b), ao comparar com o que consumiu a dieta controle.

Com relação ao período gestacional, as ratas dos grupos DO-T mantiveram-se mais pesadas até o 20º dia de gestação. Porém, vale destacar que as ratas do grupo DO-T tiveram menor ganho de peso relativo durante a gestação em relação ao grupo DO-NT. A dieta obesogênica além de ser rica em lipídios também se trata de uma dieta hipercalórica. Dessa forma, as ratas dos grupos DO podem ter sido mais pesadas devido a maior energia fornecida pela dieta. Além disso, quanto ao menor ganho de peso do grupo DO-T em relação ao DO-NT, sugere-se que o gasto energético durante as sessões do TR, bem como a sua capacidade de promover a elevação da TMB podem ter contribuído para o menor ganho de peso durante a gestação (Gomes et al., 2012; Westcott, 2012).

Do ponto de vista do consumo alimentar pré-gestacional nota-se um menor consumo da dieta obesogênica no grupo DO-NT a partir da semana 2 e na semana 3 pelo grupo DO-T. Nas semanas gestacionais, houve menor consumo da dieta obesogênica pelo grupo DO-T, na semana 2 o grupo DC-NT consumiu mais que DC-T. Ao analisar a semana 3, o consumo da dieta obesogênica foi inferior ao consumo da dieta controle entre os grupos DO-T e DC-T e, também, entre DO-NT e DC-NT. Esse resultado pode estar associado a manipulação da dieta obesogênica, pois ela apresenta alto teor de gordura em sua composição, principalmente ácidos graxos saturados e elevado teor de carboidratos simples. Assim, tal composição pode ter contribuído para maior saciedade das ratas, e conseqüentemente, menor ingestão (Fernandes, 2013). Esses resultados são semelhantes a outro estudo, em que os ratos alimentados com dieta hiperlipídica tiveram consumo inferior aos alimentos

com dieta controle, independente do grupo ser treinado ou não treinado (Franco et al., 2009).

Na análise do tecido adiposo, o tecido adiposo mesentérico não apresentou diferenças entre os grupos. Contudo, o grupo DO-T apresentou maior peso do tecido adiposo retroperitoneal em relação ao grupo DC-T. Esse efeito, é semelhante ao estudo de Ravagnani, que avaliou os efeitos do consumo de uma dieta hipercalórica-hiperlipídica associadas a prática de natação em ratos, onde foi observado que o consumo da dieta hiperlipídica culminou no maior peso de tecido adiposo retroperitoneal ao comparar com o grupo dieta controle (Ravagnani et al., 2012). Dessa forma, esse resultado infere que o consumo de dietas de padrão hiperlipídico e hipercalórico pode apresentar influências nos depósitos de tecido adiposo branco materno.

O TR está relacionado com o aumento de força e resistência muscular através da indução da hipertrofia muscular e adaptações neuromusculares do músculo esquelético (Kim et al., 2022). A partir disso, pode-se estabelecer que TR proporcionou o aumento de força dos animais treinados ao longo das semanas pré-gestacionais, tendo em consideração o aumento gradual na carga máxima carregada. Quanto ao menor aumento da carga no grupo DO-T, sugere-se que a menor disponibilidade de carboidratos na dieta obesogênica pode ter diminuído o aporte de glicose para formação do glicogênio intramuscular, gerando menor desempenho nas sessões de treinamento se comparado com o grupo DC-T. Além disso, nota-se que o TR não influenciou em ganho de força muscular na gestação, porém permitiu a preservação da força muscular adquirida no período pré-gestacional. Dessa forma, o TR de alta intensidade demonstrou ser eficaz na manutenção da massa muscular durante a gestação das ratas presentes nesse estudo.

No presente estudo, a oferta da dieta obesogênica resultou no maior tamanho das células adiposas do tecido adiposo mesentérico, em comparação com as ratas alimentadas com a dieta controle. Esse resultado é semelhante aos achados de Ravagnani et al. (2012), em que a dieta hiperlipídica induziu o aumento da área dos adipócitos do tecido adiposo omental, retroperitoneal e inguinal em ratos sobre um de natação. Com isso, pode-se avaliar que a dieta com padrão obesogênico pode alterar os parâmetros das células adiposas sem influenciar diretamente no peso do TA mesentérico em ratas treinadas e não treinadas.

Além disso, ao avaliar a área dos adipócitos, o grupo DO-T apresentou uma média maior que o grupo DO-NT. Tendo em vista que no período gestacional ocorre aumento do estoque do tecido adiposo materno, para viabilizar a disponibilidade de substratos energéticos para o desenvolvimento fetal (Morais, 2012). A prática do TR aumenta o gasto energético, devido às sessões de treinamento e aumento da TMB. Com isso, sugere-se que o gasto energético decorrente da prática do TR, o organismo materno estocou mais tecido adiposo como mecanismo de garantia da progressão da gestação. O mesmo efeito pode ser observado ao avaliar a maior quantidade de adipócitos no grupo DC-T em relação ao DO-T, pois tal mecanismo pode ter induzido a síntese de mais adipócitos ao invés do maior armazenamento intracelular, devido a dieta consumida pelas ratas.

7. CONCLUSÃO

Esse estudo, evidenciou que o consumo da dieta com características obesogênicas durante a gestação pode aumentar o peso do tecido adiposo retroperitoneal e aumentar o tamanho dos adipócitos do tecido adiposo mesentérico quando associada ao TR. Além disso, a prática do TR de alta intensidade na gestação não apresentou efeitos adversos à saúde materna, preserva a força muscular materna, não interferiu no ganho de peso gestacional, mas aumentou o número de células adiposas no tecido adiposo mesentérico.

REFERÊNCIAS

ACOG Committee Opinion No. 650: Physical Activity and Exercise During Pregnancy and the Postpartum Period. *Obstet Gynecol.* Dec;126(6): 135- 142, 2015.

ANTONIO-SANTOS, J. et al. Resistance Training Alters The Proportion Of Skeletal Muscle Fibers But Not Brain Neurotrophic Factors In Young Adult Rats. **Strength And Conditioning**, v. 20, n. 4, p. 756–759, 2006.

BELLICHA, A. et al. Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. **Obesity Reviews**, v. 22, n. S4, p. 1–13, 2021.

BORTOLIN, R. C. et al. A new animal diet based on human Western diet is a robust diet-induced obesity model: Comparison to high-fat and cafeteria diets in term of metabolic and gut microbiota disruption. **International Journal of Obesity**, v. 42, n. 3, p. 525–534, 1 mar. 2018.

CANHADA, S. L. et al. Ultra-processed foods, incident overweight and obesity, and longitudinal changes in weight and waist circumference: The Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). **Public Health Nutrition**, v. 23, n. 6, p. 1076–1086, 1 abr. 2020.

CHAIT, A.; DEN HARTIGH, L. J. Adipose Tissue Distribution, Inflammation and Its Metabolic Consequences, Including Diabetes and Cardiovascular Disease. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, 25 fev. 2020.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. et al. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, jul. 2009.

CORRALES, P.; VIDAL-PUIG, A.; MEDINA-GÓMEZ, G. Obesity and pregnancy, the perfect metabolic storm. **European Journal of Clinical Nutrition**, 1 dez. 2021.

DA COSTA LOUZADA, M. L. et al. The share of ultra-processed foods determines the overall nutritional quality of diets in Brazil. **Public Health Nutrition**, v. 21, n. 1, p. 94–102, 1 jan. 2018.

DE AMICIS, R. et al. Ultra-processed foods and obesity and adiposity parameters among children and adolescents: a systematic review. **European Journal of Nutrition** Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 1 ago. 2022.

FRANCO, Larissa Dantas Pereira; CAMPOS, Juliana Alvares Duarte Bonini; DEMONTE, Aureluce. Teor lipídico da dieta, lipídios séricos e peso corporal em ratos exercitados. **Revista de Nutrição**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 359-366, jun. 2009.

FRIEDENREICH, C. M.; RYDER-BURBIDGE, C.; MCNEIL, J. Physical activity, obesity and sedentary behavior in cancer etiology: epidemiologic evidence and biologic mechanisms. **Molecular Oncology**, 1 mar. 2021.

FURUKAWA, S. et al. Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. **Journal of Clinical Investigation**, v. 114, n. 12, p. 1752–1761, 15 dez. 2004.

GOMES, R. M. et al. Efeito de um programa de exercício físico moderado em ratos de diferentes modelos de obesidade. **Revista da Educação Física**, v. 23, n. 2, p. 285–294, 2012.

GOOSSENS, G. H. The Metabolic Phenotype in Obesity: Fat Mass, Body Fat Distribution, and Adipose Tissue Function. **Obesity Facts**, v. 10, n. 3, p. 207–215, 1 jul. 2017.

GRGIC, J. et al. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sport and Health Science**, 1 mar. 2022.

HE, M. Q. et al. High-fat diet-induced adipose tissue expansion occurs prior to insulin resistance in C57BL/6J mice. **Chronic Diseases and Translational Medicine**, v. 6, n. 3, p. 198–207, 1 set. 2020.

HORNBERGER, T. A.; FARRAR, R. P. Physiological Hypertrophy of the FHL Muscle Following 8 Weeks of Progressive Resistance Exercise in the Rat. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 29, n. 1, p. 16–31, 2004.

KAZMA, J. M. et al. Anatomical and physiological alterations of pregnancy. **Journal of Pharmacokinetics and Pharmacodynamics**, 1 ago. 2020.

KEATING, N. et al. Aerobic or Resistance Exercise for Improved Glycaemic Control and Pregnancy Outcomes in Women with Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 1 set. 2022.

KIM, H. J. et al. Resistance exercise training-induced skeletal muscle strength provides protective effects on high-fat-diet-induced metabolic stress in mice. **Laboratory Animal Research**, v. 38, n. 1, 1 dez. 2022.

KINOSHITA, K. et al. Association of the COVID-19 pandemic with changes in objectively measured sedentary behaviour and adiposity. **International Journal of Obesity**, v. 47, n. 5, p. 375–381, 1 maio 2023.

KIRK, B. et al. Muscle, Bone, and Fat Crosstalk: the Biological Role of Myokines, Osteokines, and Adipokines. **Current Osteoporosis Reports**, 1 ago. 2020.

KOENEN, M. et al. Obesity, Adipose Tissue and Vascular Dysfunction. **Circulation Research**, 2 abr. 2021.

LEAN, S. C. et al. Obesogenic diet in mice compromises maternal metabolic physiology and lactation ability leading to reductions in neonatal viability. **Acta Physiologica**, v. 236, n. 2, 1 out. 2022.

LIN, X.; LI, H. Obesity: Epidemiology, Pathophysiology, and Therapeutics. **Frontiers in Endocrinology**, v. 12, n. September, p. 1–9, 2021.

LOPEZ, P. et al. Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 1 jun. 2021.

LOPEZ, P. et al. Resistance training effectiveness on body composition and body weight outcomes in individuals with overweight and obesity across the lifespan: A systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, 1 maio 2022.

MAHANY, E. B. et al. Obesity and High-Fat Diet Induce Distinct Changes in Placental Gene Expression and Pregnancy Outcome. **Endocrinology**, v. 159, n. 4, p. 1718–1733, 1 abr. 2018.

MALESZA, I. J. et al. High-fat, western-style diet, systemic inflammation, and gut microbiota: A narrative review. **Cells**, 1 nov. 2021.

MARCONDES, F. K., BIANCHI, F. J. AND TANNO, A. P. Determination Of The Estrous Cycle Phases Of Rats: Some Helpful Considerations. **3rd BIOACIDII meeting**, v. 62, n. November, p. 13–14, 2002.

MOHAMMADKHANI, R. et al. Maternal high-intensity interval training as a suitable approach for offspring's heart protection in rat: evidence from oxidative stress and mitochondrial genes. **Frontiers in Physiology**, v. 14, 2023.

NOGUES, P. et al. Maternal obesity influences expression and DNA methylation of the adiponectin and leptin systems in human third-trimester placenta. **Clinical Epigenetics**, v. 11, n. 1, 7 fev. 2019.

PARISI, F. et al. Maternal low-grade chronic inflammation and intrauterine programming of health and disease. **International Journal of Molecular Sciences** MDPI AG, 2 fev. 2021.

PEDERSEN, B. K.; FEBBRAIO, M. A. Muscles, exercise and obesity: Skeletal muscle as a secretory organ. **Nature Reviews Endocrinology**, ago. 2012.

RAVAGNANI, Fabricio Cesar de Paula; RAVAGNANI, Christianne de Faria Coelho; BRAGA NETO, José Antônio; VOLTARELLI, Fabricio Azevedo; ZAVALA, Arturo Alejandro Zavala; HABITANTE, Carlos Alexandre; INOUIE, Celso Massaschi. Efeito de dietas hiperlipídicas com extrato de baru e chocolate sobre a área de adipócitos de ratos submetidos ao exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 3, p. 190-194, jun. 2012.

REEVES PG, NIELSEN FH, FAHEY GC Jr. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **J Nutr.**;123(11):1939-1951. 1993.

ROSQVIST, F. et al. Overfeeding polyunsaturated and saturated fat causes distinct effects on liver and visceral fat accumulation in humans. **Diabetes**, v. 63, n. 7, p. 2356–2368, 2014.

SAFAEI, M. et al. A systematic literature review on obesity: Understanding the causes & consequences of obesity and reviewing various machine learning approaches used to predict obesity. **Computers in Biology and medicine**, 1 set. 2021.

SCHNURR, T. M. et al. Evidence for shared genetics between physical activity, sedentary behaviour and adiposity-related traits. **Obesity Reviews**, 1 abr. 2021.

SILVEIRA, E. A. et al. Sedentary behavior, physical inactivity, abdominal obesity and obesity in adults and older adults: A systematic review and meta-analysis. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 50, p. 63–73, 1 ago. 2022.

SONGSTAD, N. T. et al. Effects of high intensity interval training on pregnant rats, and the placenta, heart and liver of their fetuses. **PLoS ONE**, v. 10, n. 11, 1 nov. 2015.

STROH, A. M.; STANFORD, K. I. Exercise-induced regulation of adipose tissue. **Current Opinion in Genetics and Development**, 1 ago. 2023.

SUÁREZ-CUENCA, J. A. et al. Enlarged adipocytes from subcutaneous vs. visceral adipose tissue differentially contribute to metabolic dysfunction and atherogenic risk of patients with obesity. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 1 dez. 2021.

SUN, K.; KUSMINSKI, C. M.; SCHERER, P. E. Adipose tissue remodeling and obesity. **Journal of Clinical Investigation**, 1 jun. 2011.

TANIMURA, R. et al. Effects of exercise intensity on white adipose tissue browning and its regulatory signals in mice. **Physiological Reports**, v. 10, n. 5, 1 mar. 2022.

VEUM, V. L. et al. Visceral adiposity and metabolic syndrome after very high-fat and low-fat isocaloric diets: A randomized controlled trial. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 105, n. 1, p. 85–99, 1 jan. 2017.

WESTCOTT WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. **Curr Sports Med Rep.**;11(4):209-216. 2012.