

EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO NO METABOLISMO LIPÍDICO EM RATOS ALIMENTADOS COM DIETA HIPERLIPÍDICA.

Luana Aguiar Correia (IC) e Patrícia Fiorino (Orientadora)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do treinamento físico aeróbico no metabolismo lipídico em ratos alimentados com uma dieta hiperlipídica. Para isso, foram utilizados ratos Wistar (n=4/grupo) machos, recém-desmamados, divididos em 2 grupos experimentais: 1- Hiperlipídico/Sedentário (HS): alimentados com ração hiperlipídica (30% de lipídios) durante 12 semanas; 2- Hiperlipídico/ Treinado (HT): alimentados com ração hiperlipídica durante 12 semanas com treinamento físico aeróbico nas últimas 8 semanas. Ao final do protocolo os animais foram submetidos à eutanásia com overdose de anestésico. A gordura visceral, representada pela gordura retroperitoneal e epididimal, foi coletada e pesada. O sangue foi coletado para a obtenção do soro e realização do perfil lipídico, através de kits comerciais. No grupo HT observou-se uma redução significativa na gordura epididimal (33%). Além disso, verificou-se importantes mudanças no perfil lipídico no grupo HT, com diminuição significativa dos triglicérides (HS: 93 ± 11 mg/dL; HT: 63 ± 1 mg/dL) e VLDL (HS: 19 ± 2 mg/dL; HT: $13 \pm 0,2$ mg/dL). Entretanto, o HDL (HS: $15 \pm 0,5$ mg/dL; HT: $16 \pm 0,4$ mg/dL), colesterol total (HS: 61 ± 1 mg/dL; HT: 59 ± 2 mg/dL) e LDL (HS: 27 ± 2 mg/dL; HT: 30 ± 2 mg/dL) não apresentaram diferenças significativas. Desta forma, em conjunto, nossos resultados mostram que o treinamento físico foi eficaz em reduzir a gordura epididimal, modificar o metabolismo lipídico e, conseqüentemente, a dislipidemia associada ao consumo da dieta hiperlipídica.

Palavras-chave: Dieta Hiperlipídica. Treinamento Físico. Dislipidemia.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of aerobic exercise training on lipid metabolism in rats fed a hyperlipidic diet. Post-weaning male Wistar rats (n=4/group), divided into 2 groups: Hyperlipid/Sedentary (HS): fed with hyperlipid chow (30% lipids) for 12 weeks; Hyperlipid/Trained (HT): fed with hyperlipid chow for 12 weeks plus aerobic exercise training in the last 8 weeks. At the end of the protocol, animals were killed with anesthetic overload. Retroperitoneal and epididymal fat pad were collected, weighed and normalized by body weight. The blood was collected through the inferior vena cava using a vacuum system and centrifuged at 2000 rpm during 15 minutes. The lipid profile was determined in collected serum samples and analyzed in a spectrophotometer using colorimetric kits. HT group showed a significant reduction in epididymal fat pad (33%). In addition, significant changes in lipid profile were

observed, with a significant decrease in triglycerides (HS: 93 ± 11 mg / dL; HT: 63 ± 1 mg / dL) and VLDL (HS: 19 ± 2 mg / dL; HT: 13 ± 0.2 mg / dL). However, HDL, total cholesterol and LDL there were not diferente between groups. Thus, together, our results show that physical training is effective in reducing epididymal fat pad, modifying lipid metabolism and, consequently, dyslipidemia associated with consumption of hyperlipidic diet.

Keywords: Hyperlipidic Diet. Physical Training. Dyslipidemia.

1. INTRODUÇÃO

Enquanto algumas pessoas morrem pela escassez de comida, outras morrem pelo excesso dela. A ambiguidade na frase diz respeito ao momento atual pelo qual vários países estão passando, inclusive o Brasil, denominado Transição Nutricional. A transição nutricional refere-se as modificações no perfil nutricional da população, caracterizada pela redução da desnutrição e aumento da obesidade (DE OLIVEIRA, 2004). Isso pode ser demonstrado pelo tipo de padrão alimentar adotado pela população mundial nas últimas décadas, definido por dietas com elevado consumo de gorduras saturadas, sal e açúcar e pela falta de atividade física (JAIME et al., 2014; PASSOS et al., 2014), o que pode estar contribuindo para a alta incidência de doenças crônicas não transmissíveis como diabetes, dislipidemia, doenças cardiovasculares e renais.

Segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS (2018) em 2016, quase 2 bilhões de adultos estavam acima do peso. Destes, 160 milhões foram considerados obesos. Calcula-se que o SUS (Sistema Único de Saúde) desembolsa cerca de 20 bilhões de dólares, anualmente, com doenças relacionadas à estas condições (ABESO, 2012). Outro aspecto a se levar em consideração refere-se ao aumento da prevalência do sobrepeso e obesidade nas crianças e adolescentes. Segundo a OMS (2018), em 2016, cerca de 41 milhões de crianças com menos de 5 anos eram consideradas obesas ou com sobrepeso. O aumento da prevalência de obesidade nos grupos mais jovens é alarmante e está associado aos padrões atuais de vida da população, caracterizado pela exposição precoce a alimentos de má qualidade que, geralmente, são baseados nos hábitos alimentares dos pais, criando assim um ciclo vicioso (MELLO et al., 2004; VIEIRA, 2016). A tendência é de que em 2025, cerca de 2,3 bilhões de adultos estejam com sobrepeso e mais de 700 milhões obesos, sendo que muitos destes adultos já possuíam esta condição desde a infância (OMS, 2018; KRIKKEN et al., 2009).

A dislipidemia é um distúrbio caracterizado por, ao menos, uma modificação do perfil lipídico, como aumento de LDL (*Low Density Lipoprotein*), colesterol total, triglicérides e VLDL (*Very Low Density Lipoprotein*), ou ainda, uma diminuição do HDL (*High Density Lipoprotein*) (GARCEZ et al., 2014). Estima-se que em 2015 quase 18 milhões de pessoas morreram por doenças cardiovasculares decorrentes, principalmente, pela presença de dislipidemia, diabetes, hipertensão e obesidade (OPAS, 2017). Existem muitas estratégias que contribuem para a redução dos índices de doenças associadas a obesidade. Entretanto, todas envolvem mudanças no estilo de vida do indivíduo, envolvendo dietas e exercícios físicos (NISSEN et al., 2012).

Na busca da melhor compreensão dos mecanismos patofisiológicos associados a dieta rica em lipídios, desde a infância até a fase adulta, estudos feitos em nosso laboratório,

com ratos submetidos à uma dieta hiperlipídica durante 8 semanas, revelou um aumento significativo na adiposidade corporal, pressão arterial, citocinas inflamatórias intrarrenais, dislipidemia e redução da função renal (MULLER, 2011; SENGER, 2011; AMÉRICO, 2014; PEREIRA, 2015; FIORINO et al., 2016). Neste contexto, os animais, quando submetidos a treinamento físico aeróbico, na fase adulta, apresentaram redução da pressão arterial e da adiposidade corporal (NETO, 2013), sugerindo o efeito benéfico do exercício físico como tratamento não farmacológico na obesidade. Portanto, estudos com modelos experimentais que associem dietas calóricas e ricas em lipídios, com treinamento físico aeróbico, podem contribuir no entendimento do curso temporal dessa complexa associação entre obesidade, morbidade e mortalidade associadas ao desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas, iniciadas na infância.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do treinamento físico aeróbico no metabolismo lipídico em ratos submetidos a uma dieta hiperlipídica.

1.1 Problema da pesquisa

Todos os procedimentos realizados no decorrer deste protocolo experimental focaram em responder a principal pergunta deste projeto: “O treinamento físico, em ratos que se alimentam com uma dieta rica em gordura desde a infância, ou seja, nas fases iniciais do desenvolvimento e crescimento corporal, até a fase adulta, seria capaz de prevenir e/ou modificar o curso temporal da dislipidemia associada a este modelo experimental?”

1.2 Justificativa

O estilo de vida da população mundial tem sofrido grandes alterações nas últimas décadas, uma vez que anda em paralelo com o aumento da população humana, êxodo rural, bem como o aumento das tecnologias *inside home*, mantendo os jovens por períodos longos em casa em frente ao computador, trabalhando ou em lazer.

Desta forma, os próximos 30 anos destes jovens podem ser catastróficos, aumentando a susceptibilidade ao desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas, como diabetes, hipertensão arterial, doença renal, entre outros, aumentando a morbidade e a mortalidade relacionadas à obesidade e, conseqüentemente, aumentando a carga sobre os sistemas de saúde em todo o mundo nas próximas décadas. Portanto, estudos que possam contribuir no entendimento das modificações crônicas degenerativas associados a alimentos ricos em gordura, altamente calórico, tanto em jovens sedentários quanto em jovens submetidos a treinamento físico, podem contribuir, de forma relevante, no desenvolvimento de medidas preventivas eficazes para o combate da obesidade, as quais podem reduzir ou atrasar a necessidade de atenção à saúde.

1.3 Objetivo

Avaliar o efeito do treinamento físico aeróbico no metabolismo lipídico em ratos alimentados com uma dieta hiperlipídica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Transição Nutricional

A mudança na prevalência da desnutrição para o aumento de ocorrências de obesidade é conhecida como transição nutricional e atinge diversos países emergentes, como o Brasil (MORAES; DIAS, 2012). Alguns pontos tentam explicar este episódio, como a ocupação demográfica, a qual passamos de uma população rural para uma majoritariamente urbanizada, aumento da renda e diminuição do custo dos alimentos industrializados (DE SOUZA, 2010; MORAES; DIAS, 2012).

Desta forma, a transição nutricional é caracterizada por mudanças no estilo de vida da população decorrentes, principalmente, da globalização e industrialização levando ao aumento exponencial de doenças crônicas relacionadas à má alimentação e ao excesso de peso (SCHIMIDT et al., 2011).

2.2 Obesidade

Segundo a OMS (2018) a obesidade pode ser definida como um acúmulo excessivo de gordura que causa efeitos deletérios à saúde. Além disso, de acordo com a Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN), a obesidade pode ser classificada através do Índice de Massa Corporal (IMC) no qual basta dividir o peso em Kg pelo quadrado da altura em metros (m²). Desta forma, índices considerados normais estão entre 20 e 25; sobrepeso entre 25 e 30 e, obesidade acima de 30. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2011) em 2009, 61% da população demonstravam um consumo excessivo de açúcar enquanto que a ingestão de gordura saturada chegava a 82%, confirmando os péssimos hábitos alimentares da população brasileira.

Estudos indicam que indivíduos que apresentam excesso de gordura central possuem grandes chances de desenvolver os principais fatores de risco para a doença renal crônica, diabetes, hipertensão e dislipidemia (JUNIOR et al., 2010; KOVEDY et al., 2017). O treinamento físico aeróbico é amplamente recomendado para o controle de peso corporal, prevenção e tratamento da obesidade, especialmente por promover aumento do gasto energético e, conseqüentemente, interferir diretamente no balanço energético (DIAS et al., 2014).

2.3 Treinamento Físico

Treinamento físico pode ser definido como movimentos corporais planejados, estruturados e contínuos com determinado objetivo (RUIVO; ALCÂNTARA, 2012). O treinamento aeróbico diz respeito aos exercícios, nos quais os grandes músculos do corpo se movimentam de maneira prolongada e rítmica, como na natação, remo, caminhada, ciclismo ou corrida (MENDES et al., 2011). É desempenhado principalmente à custa do metabolismo aeróbio (MENDES et al., 2011). A prática constante de atividade física tem sido tratada como uma valiosa tática acessível e não farmacológica para a prevenção e tratamento das dislipidemias (BEZERRA et al., 2013). Além disso, a prática de atividade física provoca a diminuição da pressão arterial e estado inflamatório, aumento do gasto calórico com efeito benéfico no controle do peso corporal, além de, prevenir a resistência à insulina, a tolerância a glicose e danos renais (HIGA et al., 2014; PAES; MARINS; ANDREAZZI, 2015; EVANGELISTA et al., 2015; MULLER et al., 2018).

Entretanto, mesmo com diversos estudos mostrando os benefícios do treinamento físico aeróbico na saúde, dados do IBGE de 2013 mostram que apenas 28,5% da população brasileira é praticante de atividade física comparado com os 46% que são considerados sedentários (MINISTÉRIO DO ESPORTE, 2015). Além disso, 80% da população sabem dos perigos à saúde relacionados a uma vida sedentária, mas mesmo assim permanecem ociosos (MINISTÉRIO DO ESPORTE, 2015).

2.4 Dislipidemia

As lipoproteínas são estruturas responsáveis pelo transporte de lipídeos no sangue. Essas, por sua vez podem ser classificadas em dois grandes grupos: ricas em triglicerídeos (TG) sendo representada pelo quilomícron e VLDL (*Very Low Density Lipoprotein*); e as ricas em colesterol composta pelo HDL (*High Density Lipoprotein*) e LDL (*Low Density Lipoprotein*) (XAVIER et al., 2013)

As dislipidemias são caracterizadas por alterações importantes no metabolismo lipídico que favoreçam distúrbios nos níveis circulantes de lipoproteínas, influenciadas tanto por características primárias, genético, ou secundárias, devido à presença de outras doenças (obesidade, diabetes, dentre outros) ou medicamentos (PEREIRA, 2011). Sabe-se que a má alimentação e o sedentarismo estão estritamente relacionados como o aumento sérico de TG, VLDL, LDL, colesterol total (CT) e diminuição do HDL. Com isso, indivíduos com essas condições estão mais suscetíveis ao desenvolvimento de um estado inflamatório crônico denominado aterosclerose aumentando ainda mais o risco de morte por doenças cardiovasculares (XAVIER et al., 2013).

Sendo assim, a avaliação do perfil lipídico, composta pelas medições de colesterol total, triglicérides, HDL, VLDL e LDL, é uma ferramenta poderosa e amplamente utilizada em estudos clínicos e experimentais como marcador biológico para a dislipidemia e estratificação de risco para doença aterosclerótica (XAVIER et al., 2013).

3. METODOLOGIA

3.1 Amostra

Neste estudo foram utilizados ratos Wistar machos, com 21 dias de idade, pesando entre 50-60g oriundos do Biotério Central da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Todos os animais, durante o protocolo experimental foram mantidos no biotério em ambiente com temperatura controlada (entre 22°C-25°C), ciclo claro e escuro de 12 horas e com livre acesso à água e alimentação.

Os animais foram subdivididos, aleatoriamente, em 2 grupos experimentais (quadro 1), de acordo com o treinamento físico.

Quadro 1: Definição dos grupos experimentais de acordo com o exercício físico.

Grupos Experimentais	Tempo de protocolo experimental
Hiperlipídico/Sedentário (HS, n=4)	Alimentados com ração hiperlipídica (30% de lipídios) durante 12 semanas após o desmame.
Hiperlipídico/Treinado (HT, n=4)	Alimentados com ração hiperlipídica (30% de lipídios) durante 12 semanas após o desmame somado com treinamento físico aeróbico a partir da 5ª semana de protocolo até a 12ª semana.

Fonte: dados do pesquisador.

3.2 Preparo da dieta hiperlipídica

A dieta hiperlipídica foi administrada aos animais durante 12 semanas após o desmame, sendo assim, com 21 dias de vida. A ração hiperlipídica foi preparada no laboratório levando-se em consideração as porcentagens já existentes na ração comercializada (ração industrial para ratos e camundongos, NUVILAB CR-1; teor lipídico de 3,5%).

Em um béquer grande de vidro (500 mL), foi colocado um tablete de manteiga (200g) para derretimento no micro-ondas. Logo após esse procedimento a manteiga foi adicionada à ração triturada (400g) junto com 10 mL de água e a mistura resultante moldada manualmente com a utilização de luvas, de modo a ficar com o formato semelhante a ração comum. Com isso, obteve-se uma ração com 30% de quilocalorias de gordura, 23% de carboidratos e 19%

de proteínas. A ração hiperlipídica foi preparada 3 vezes por semana (segunda, quarta e sexta) durante todo o protocolo.

3.3 Peso corporal

Para a determinação das variações de perda ou ganho de peso, os animais foram pesados semanalmente mediante o uso de uma balança comercial (TOLEDO, modelo 9094c/4) para pequenos animais.

3.4 Teste de esforço máximo

O teste de esforço serve para avaliar o desempenho físico máximo do animal e para definir o protocolo de treinamento físico, a intensidade (FERREIRA et al., 2007).

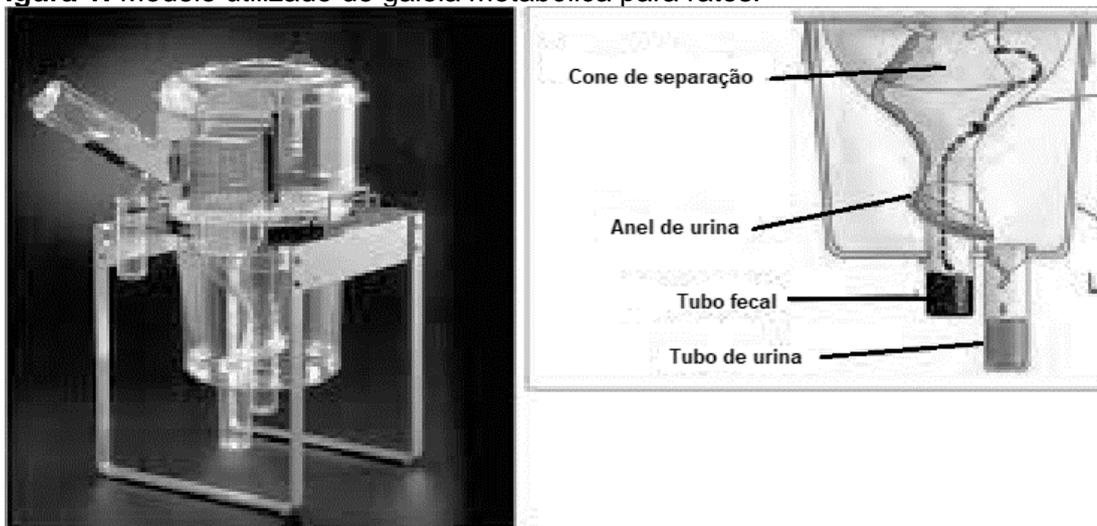
Ocorreu três vezes durante todo protocolo para os animais do grupo HT e apenas 2x para os animais do grupo HS. A velocidade inicial da esteira foi de 0,4 km/h, e a cada três minutos, a velocidade da esteira foi aumentada em 0,2 km/h até atingir a exaustão do animal sendo observada pela incapacidade do animal de manter o padrão da corrida (FERREIRA et al., 2007). Na quarta semana de protocolo ocorreu a adaptação dos animais na esteira, na qual os animais foram colocados para caminhar durante 5 min/por dia.

3.5 Treinamento físico

A partir da quinta semana de protocolo o treinamento físico foi realizado em uma esteira ergométrica adaptada para ratos, 5 vezes por semana, durante 8 semanas. Os treinamentos tiveram intensidade de 60% da velocidade máxima (calculada a partir do teste de esforço máximo). A duração dos treinos foi aumentada progressivamente, iniciando com 30 minutos na primeira semana e atingindo 60 minutos na quarta semana (FERREIRA et al., 2007). Os animais sedentários foram para esteira 1 vez por semana por, no mínimo, 5 minutos para o nível de estresse se assemelhar ao dos animais treinados.

3.6 Gaiola metabólica

O consumo individual de cada animal (ração e água) foi avaliado na 12ª semana. Para isso os animais foram colocados em gaiolas (figura 1) próprias durante 48 horas, sendo as primeiras 24 horas utilizadas para adaptação. A ração foi pesada e a água mensurada inicialmente quando os animais foram transferidos para a gaiola individual e novamente após o final do período de 24 horas, sendo a diferença entre ambas as pesagens e medições a quantidade de ração e a água ingerida pelos animais.

Figura 1: Modelo utilizado de gaiola metabólica para ratos.

Fonte: Adaptado de Vargas (2017).

3.7 Eutanásia

Ao final das 12 semanas de protocolo, os animais foram submetidos a eutanásia, livre de dor e sofrimento, através de uma injeção intraperitoneal de uma solução anestésica constituída de Tiopental sódico (40 mg/Kg). Os depósitos de gordura visceral, retroperitoneal e epididimal, foram coletadas, pesadas e normalizadas pelo peso corporal (g).

3.8 Perfil lipídico

A coleta de sangue, para obtenção das amostras de soro, ocorreu através da veia cava inferior por sistema a vácuo. Após a coleta de sangue, este foi deixado em repouso durante 30 minutos e depois centrifugado a 2000 rpm (rotações por minuto) por 15 minutos. Em seguida, coletou-se o sobrenadante (soro) com o auxílio de uma pipeta e acondicionada em tubo tipo eppendorf devidamente identificado, no qual foi refrigerado a -20°C .

Para determinação do perfil lipídico (HDL, triglicérides e colesterol total), utilizou-se amostras de soro que foram analisadas com a utilização de Kits comerciais (Labtest, BR) e espectrofotômetro de luz visível (Marca InVitro, modelo Humalizer 3000) de acordo com as instruções do fabricante. Após a obtenção dos resultados, foi calculado o VLDL (TG/5) e LDL (CT – HDL – VLDL).

3.9 Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada utilizando o software STATISTIC 6.0. Os resultados foram analisados por teste *t* para amostras não pareadas, e apresentados como média \pm erro padrão da média (EPM). Foram considerados resultados significativamente diferentes somente quando $p \leq 0,05$.

3.10 Comitê de ética

Todos procedimentos com os animais foram aprovados e realizados de acordo com as normas estabelecidas pelo Comitê de Pesquisa e Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie (CEUA N° 166/03/2018).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Peso corporal, consumo de água e ração

De acordo com a tabela 1, podemos observar que o treinamento físico aeróbico não modificou o peso corporal, o consumo de ração e a ingesta hídrica.

Tabela 1: Análise do peso corporal, consumo de ração e ingesta hídrica dos grupos HS e HT.

	HS	HT
Peso corporal (g)	342 ± 7	324 ± 38
Consumo de ração (mg/24h)	14 ± 2	12 ± 1
Consumo de ração (Kcal/24h)	52 ± 7	47 ± 3
Ingesta hídrica (mL/24h)	16 ± 1	18 ± 2

Os valores estão representados como média ± erro padrão da média.

Em relação ao peso da gordura retroperitoneal e epididimal (tabela 2) observou-se uma redução significativa na gordura epididimal no grupo HT em relação ao grupo HS. Apesar de não ter sido significativa, a gordura retroperitoneal reduziu em 28% no grupo HT em relação ao grupo HS.

Tabela 2: Peso dos tecidos epididimal e retroperitoneal dos animais dos grupos HS e HT.

(g)	HS	HT
Gordura epididimal	0,015 ± 0,001	0,010 ± 0,002 *
Gordura retroperitoneal	0,018 ± 0,001	0,013 ± 0,003

Os valores estão como ± erro padrão da média. Peso das gorduras normalizadas pelo peso corporal. *p<0,05 vs HS.

Ainda que o peso corporal (tabela 1) entre os grupos experimentais não tenha sido significativo, o treinamento físico aeróbico foi capaz de atenuar o ganho de peso das gorduras viscerais no grupo HT, as quais possuem grandes influências na causa das principais doenças relacionadas a obesidade. Esses dados vão de acordo com Costa (2017), uma vez que após submeter ratos a uma dieta rica em lipídicos por 14 semanas somado ao treinamento físico

nas últimas 8 semanas de protocolo demonstrou uma redução significativa no peso da gordura epididimal entre os grupos sedentários e treinados sem alteração no peso corporal.

De maneira similar a Muller et al. (2018), os parâmetros de consumo alimentar e ingesta hídrica não obtiveram diferença significativa em camundongos alimentados com dieta de cafeteria por 8 semanas entre os grupos treinados e não treinados.

4.2 Avaliação do perfil lipídico

A figura 2 representa os resultados dos triglicérides séricos nos grupos estudados. Nota-se que houve uma redução significativa no grupo HT (63 ± 1 mg/dL) em comparação ao grupo HS (93 ± 11 mg/dL).

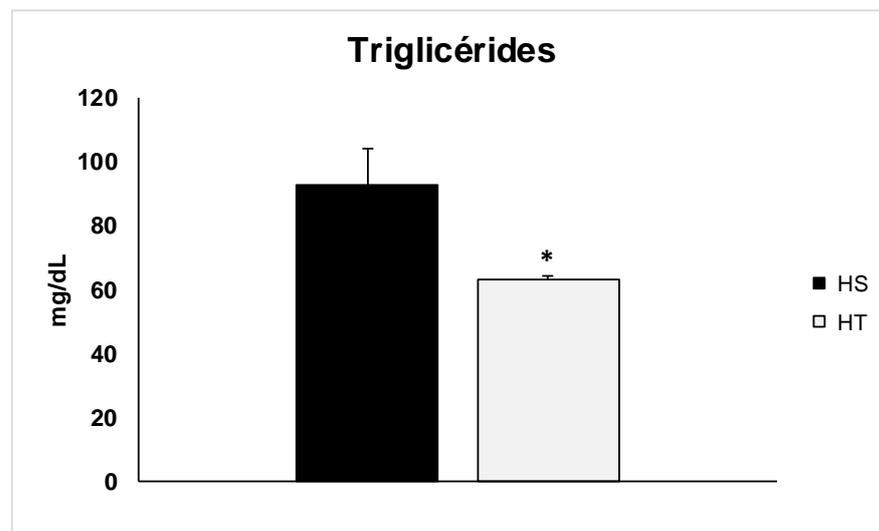


Figura 2: Níveis de triglicérides séricos nos grupos HS e HT. $*p \leq 0,05$ vs HS.

No VLDL sérico (figura 3) verificou-se uma redução significativa do grupo HT ($13 \pm 0,2$ mg/dL) em relação ao grupo HS (19 ± 2 mg/dL).

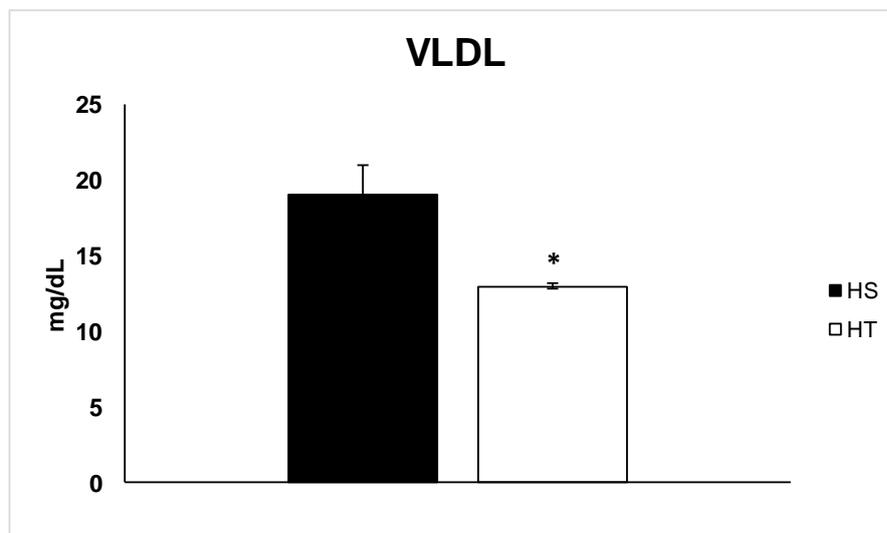


Figura 3: Níveis de VLDL séricos nos grupos HS e HT. $*p \leq 0,05$ vs HS.

Dados referentes ao colesterol total (figura 4) não foi possível observar diferenças significativas entre os grupos (HS: 61 ± 1 mg/dL; HT: 59 ± 2 mg/dL).

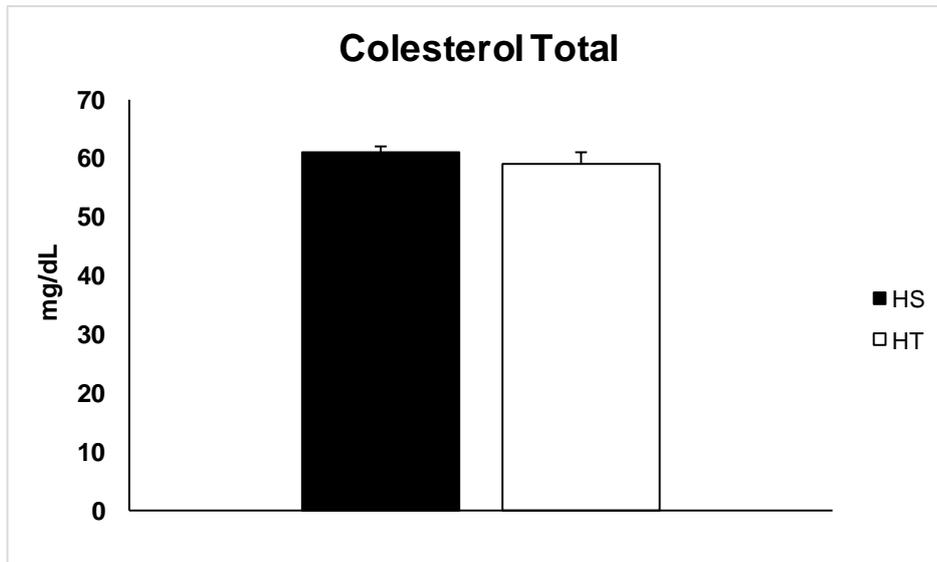


Figura 4: Níveis séricos de colesterol total nos grupos HS e HT.

Na figura 5 é mostrado os resultados do LDL, não havendo diferença significativa entre os grupos (HS: 27 ± 2 mg/dL; HT: 30 ± 2 mg/dL).

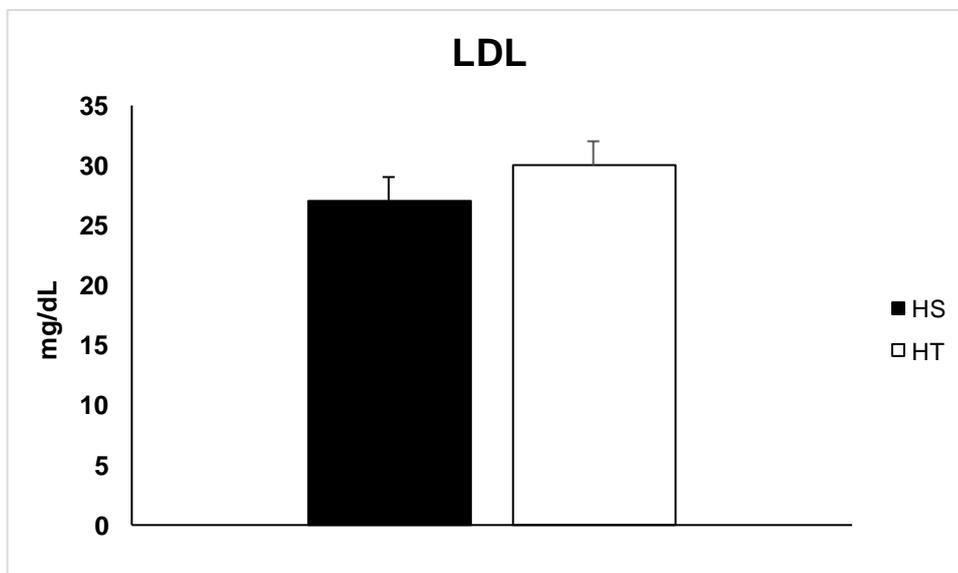


Figura 5: Níveis séricos de LDL nos grupos HS e HT.

Em relação ao HDL (figura 6), não foi possível observar diferença significativa entre os grupos analisados (HS: $15 \pm 0,5$ mg/dL; HT: $16 \pm 0,4$ mg/dL).

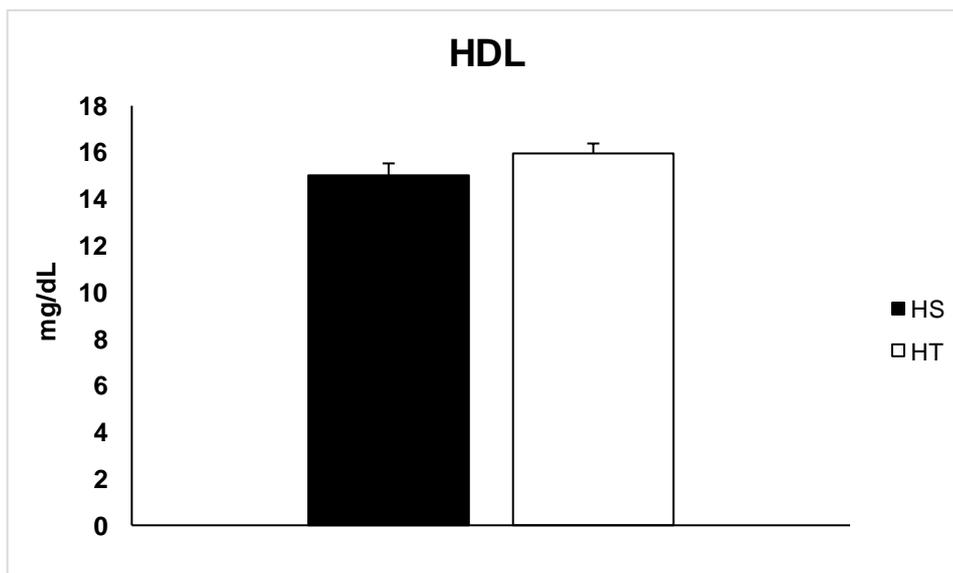


Figura 6: Níveis séricos de HDL nos grupos HS e HT.

Modelos experimentais associando dieta hiperlipídica e treinamento físico estão sendo fortemente utilizados para diversos estudos na tentativa de mimetizar os efeitos nocivos de péssimos hábitos alimentares e a inatividade física no organismo humano. Entretanto, um diferencial deste trabalho e do nosso laboratório, é o uso de animais recém desmamados revelando que, tanto as crianças, ainda em fase de desenvolvimento, quanto os jovens, não estão imunes aos efeitos deletérios de uma alimentação rica em gordura associada ao sedentarismo, corroborando com a literatura moderna (OMS, 2018; VIGITEL, 2019) que mostra o aumento na incidência, de forma cada vez mais precoce, de doenças crônicas degenerativas, como diabetes, obesidade e hipertensão, doenças antigamente associadas ao processo de envelhecimento. A dislipidemia tem sido um grande foco desses estudos, uma vez que atua como um importante fator de risco de desenvolvimento de problemas cardiovasculares decorrentes da formação de placas de gordura nas artérias (SWAROWSKY et al., 2012).

Resultados obtidos previamente em nosso laboratório já demonstraram que o consumo crônico de uma dieta rica em gordura por 8 semanas, desde o desmame, levou a importantes alterações cardiovasculares, renais e metabólicas (MULLER et al., 2019). Neste trabalho, portanto, buscou-se o treinamento físico aeróbico como um possível tratamento não farmacológico para as alterações metabólicas. E de forma importante, os resultados obtidos referentes ao perfil lipídico revelaram uma importante diminuição dos níveis de triglicérides e VLDL séricos no grupo HT em relação ao HS. Ambos os resultados vão de acordo com resultados prévios de nosso laboratório (MULLER et al., 2015) e Fernandes et al. (2013) que mostraram que um consumo de dieta hiperlipídica associado ao treinamento físico aeróbico em roedores, além de, modificar o curso do metabolismo lipídico em si, preveniu o desenvolvimento da hipertensão e o acúmulo de lipídio intrarrenal. Portanto, este trabalho

assim como muitos outros corroboram com a ideia de que uma mudança no estilo de vida, como a prática regular de atividade física, pode trazer importantes benefícios, uma vez que pode atuar como prevenção no desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas, como a obesidade e suas complicações.

A energia necessária para a realização das funções diárias do organismo é proveniente da oxidação de diversos substratos, como o glicogênio muscular, da glicose sanguínea e dos ácidos graxos livres, oriundos dos triglicerídeos do tecido adiposo, tecido muscular e das lipoproteínas (BONIFÁCIO; CÉSAR, 2005). Entretanto, os lipídios são considerados a maior fonte de reserva energética do corpo (MARAGON; WELKER, 2003). Durante a prática de atividade física ocorre um aumento na circulação das catecolaminas que ao se ligarem nos receptores beta-3 nos adipócitos desencadeiam uma reação em cascata (LIMA-SILVA et al., 2006). Posteriormente, ocorre a ativação da enzima hormônio sensível lipase, decorrente da fosforilação, sendo responsável pela lipólise do TG liberando 1 molécula de glicerol e 3 de ácidos graxos (AG) (LIMA-SILVA et al., 2006). Os AGs serão então transportados para o músculo esquelético, os quais serão metabolizados nas mitocôndrias para serem utilizados como fonte energética (LIMA-SILVA et al., 2006).

Sendo assim, a diminuição dos valores de VLDL e triglicérides no grupo HT em relação ao grupo HS pode estar associado à presença de diversas adaptações do músculo esquelético decorrentes do treinamento físico contínuo, tais como na densidade capilar, na estrutura proteica, na composição enzimática, além da aquisição de novas mitocôndrias propiciando uma maior efetividade na utilização do lipídio como substrato energético (MARAGON; WELKER, 2003; MORAES et al., 2005).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo crônico de uma dieta hiperlipídica durante 12 semanas, desde o desmame até a fase adulta, associado ao treinamento físico aeróbico, alterou de maneira significativa o curso do metabolismo lipídico e no estabelecimento do quadro dislipidêmico. Desta forma, em conjunto, nossos resultados mostram que o treinamento físico foi eficaz em reduzir a gordura epididimal, modificar o metabolismo lipídico e, conseqüentemente, a dislipidemia associada ao consumo da dieta hiperlipídica.

REFERÊNCIAS

AMÉRICO, A. L. V. Avaliação temporal da função renal temporal em ratos submetidos a dieta hiperlipídica do desmame até a fase adulta. X Jornada de Iniciação Científica, São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA – ABESO. Custos de Doenças Ligadas à Obesidade para o SUS. 2012. Disponível em: <<http://www.abeso.org.br/noticia/custos-de-doencas-ligadas-a-obesidade-para-o-sus>>. Acesso em: 24 março 2018.

BEZERRA, A. I. L. et al. Efeito do exercício físico aeróbico e de força no perfil lipídico de seus praticantes: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Rio Grande do Sul, v.18, n. 4, p. 399, 2013. Disponível em: <http://rbafs.org.br/RBAFS/article/view/3162/pdf99>. Acesso em: 26 mar. 2018.

BONIFÁCIO, N. P. A.; CÉSAR, T. B. Metabolismo dos lípidos durante o exercício físico. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 101-106, 2005. Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/viewFile/664/675>. Acesso em: 10 jul. 2019.

COSTA, Leandro Ribeiro **Efeito do treinamento intervalado de alta intensidade na composição corporal, na regulação do processo inflamatório e do metabolismo de ratos Wistar alimentados com dieta hiperlipídica**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

DE OLIVEIRA, R. C. A transição nutricional no contexto da transição demográfica e epidemiológica. **Rev. Min. Saúde. Pub**, Minas Gerais, v. 3, n. 5, p. 16-23, 2004. Disponível em: <http://saudepublica.bvs.br/pesquisa/resource/pt/sus-24755>. Acesso em: 23 mar. 2018.

DE SOUZA, E. B. Transição nutricional no Brasil: análise dos principais fatores. **Cadernos UniFOA**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 13, p. 49-53, 2010. Disponível em: <http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/cadernos/article/view/1025/895>. Acesso em: 25 mar. 2018.

DIAS, I. B. F.; MONTENEGRO, R. A.; MONTEIRO, W. D. Exercícios físicos como estratégia de prevenção e tratamento da obesidade: aspectos fisiológicos e metodológicos. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 70-79, 2014. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistahupe/article/view/9808/8770>. Acesso em: 16 jul. 2019.

EVANGELISTA, F. S. et al. Physical training improves body weight and energy balance but does not protect against hepatic steatosis in obese mice. **International journal of clinical and experimental medicine**, v. 8, n. 7, p. 10911-10919, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4565268/pdf/ijcem0008-10911.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2019.

FERNANDES, S. A. T. et al. Efeito da dieta hiperlipídica e do treinamento aeróbico na aterosclerose em camundongos apoE^{-/-}. **Rev Bras Med Esporte**, São Paulo, v. 19, n. 6, p. 436-441, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922013000600012&script=sci_arttext. Acesso em: 22 jul 2019.

FERREIRA, J. C. et al. Maximal Lactate Steady State in running mice: effect of exercise training. **Clin Exp Pharmacol Physiol**, São Paulo, v. 34, n. 8, p. 760-5, 2007. Disponível

em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1440-1681.2007.04635.x>. Acesso em: 16 mar. 2018.

FIORINO, P. et al. Exposure to high-fat diet since post-weaning induces cardiometabolic damage in adult rats. **Life Sciences**. São Paulo, v. 160, p. 12-17, 2016. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024320516303873>. Acesso em: 15 mar. 2018.

GARCEZ, M. R. et al. Prevalência de dislipidemia segundo estado nutricional em amostra representativa de São Paulo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 103, n. 6, p. 476-84, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/abc/2014nahead/pt_0066-782X-abc-20140156.pdf. Acesso em: 14 jul. 2019.

HIGA, T. S. et al. Remodeling of white adipose tissue metabolism by physical training prevents insulin resistance. **Life sciences**, v. 103, n. 1, p. 41-48, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024320514002963>. Acesso em: 20 mar. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009**: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2018.

JAIME, P. C.; SANTOS, L. M. P. Transição nutricional e a organização do cuidado em alimentação e nutrição na Atenção Básica em saúde. **Revista Divulgação em Saúde para Debate**, Rio de Janeiro, n. 51, p. 72-85, 2014. Disponível em: <http://cebes.org.br/site/wp-content/uploads/2014/12/Divulgacao-51.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2018.

JUNIOR, F. L. P. et al. Influência do treinamento aeróbio nos mecanismos fisiopatológicos da hipertensão arterial sistêmica. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Florianópolis, v. 32, n. 2-4, p. 229-244, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbce/v32n2-4/16.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2019.

KRIKKEN, J.A.; BAKKER, S.J.L.; NAVIS, G.J. Role of renal haemodynamics in the renal risks of overweight. **Nephrol Dial Transplant**, v. 24, n. 6, p. 1708–1711, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Stephan_Bakker/publication/24043724_Role_of_renal_haemodynamics_in_the_renal_risks_of_overweight/links/568bb47408aebccc4e1c053a/Role-of-renal-haemodynamics-in-the-renal-risks-of-overweight.pdf. Acesso em: 27 mar. 2018.

KOVESDY, C. P.; FURTH, S. L.; ZOCCAL, C. **Obesidade e doença renal: consequências ocultas da epidemia**. 2017. Disponível em: <https://sbn.org.br/app/uploads/1-Editorial-WKD-pt.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2018.

LIMA-SILVA, A. E. et al. Metabolismo de gordura durante o exercício físico: mecanismos de regulação. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 8, n. 4, p. 106-114, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/viewFile/3931/16763>. Acesso em: 29 jul. 2019.

MARANGON, A. F. C.; WELKER, A. F. Otimizando a perda de gordura corporal durante os exercícios. **Universitas: Ciências da Saúde**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 363-376, 2003. <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/cienciasaude/article/viewFile/518/339>. Acesso em: 29 jul. 2019.

MELLO, E. D.; LUFT, V. C.; MEYER, F. Obesidade infantil: como podemos ser eficazes? **Jornal da Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 80, n. 2, p. 173-82, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jped/v80n3/v80n3a04.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

MENDES, R.; SOUSA, N.; BARATA, J. L. T. Atividade física e saúde pública: Recomendações para a Prescrição de Exercício. **Acta Médica Portuguesa**, Portugal, v. 24, n. 6, p. 1025-1030, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Nelson_Sousa/publication/227395286_Physical_activity_and_public_health_Recommendations_for_exercise_prescription/links/02bfe50e3161c6d0db000000/Physical-activity-and-public-health-Recommendations-for-exercise-prescription.pdf. Acesso em: 27 mar. 2018.

BRASIL. Ministério do esporte. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.esporte.gov.br/diesporte/2.html>. Acesso em: 24 mar. 2018.

MORAES, R. S. et al. Diretriz de reabilitação cardíaca. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 84, n. 5, p. 431-40, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/abc/v84n5/a15v84n5.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2019.

MORAES, P. M.; DIAS, C. M. S. B. Obesidade infantil a partir de um olhar histórico sobre alimentação. **Interação em Psicologia**, Curitiba, v. 16, n. 2, p. 317-326, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/psicologia/article/view/21755/20286>. Acesso em: 14 jul. 2019.

MULLER, C. R. Efeito da ingestão crônica de uma dieta hiperlipídica na função renal em ratos. **VII Jornada de Iniciação Científica**, São Paulo, 2011.

MULLER, C. R. et al. Exercise training prevents hypertension, dyslipidemia and renal lipid deposition in young rats fed a high-fat diet. **The FASEB Journal**, v. 29, n. 1, p. 964.6, 2015. Disponível em: https://www.fasebj.org/doi/abs/10.1096/fasebj.29.1_supplement.964.6. Acesso em: 22 jul. 2019.

MULLER, C. R. et al. Aerobic exercise training prevents kidney lipid deposition in mice fed a cafeteria diet. **Life Sciences**, v. 211, p. 140-146, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024320518305629>. Acesso em: 28 jul. 2019.

MULLER, C. R. et al. Post-weaning exposure to high-fat diet induces kidney lipid accumulation and function impairment in adult rats. **Frontiers in nutrition**, v. 6, p. 60, 2019. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2019.00060/full>. Acesso em: 04 jul. 2019.

NETO, G. B. **Estudo do efeito do exercício físico no perfil lipídico e na pressão arterial em modelo experimental de obesidade**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2013.

NISSEN, L. P. et al. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, Florianópolis, v. 7, n. 24, p. 184-190, 2012. Disponível em: <https://rbmfc.emnuvens.com.br/rbmfc/article/view/472/504>. Acesso em: 15 mar. 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. **Obesidade e sobrepeso**. 2018. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>. Acesso em: 11 março 2018.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – OPAS. **Doenças cardiovasculares**. 2017. Disponível em:

https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5253:doencas-cardiovasculares&Itemid=1096. Acesso em: 14 jul. 2019.

PAES, S. T.; MARINS, J. C. B.; ANDREAZZI, A. E. Efeitos metabólicos do exercício físico na obesidade infantil: uma visão atual. **Revista Paulista de Pediatria**, Minas Gerais, v. 33, n. 1, p. 122-129, 2015. Disponível em: https://ac.els-cdn.com/S0103058214000264/1-s2.0-S0103058214000264-main.pdf?_tid=cff966b4-0c2f-4932-b936-0c8db2e8c90d&acdnat=1552191986_043d49cd4fc02199e5c4b1adfdf0467a. Acesso em: 12 jul. 2019.

PASSOS, J. E. F.; ROCHA, L. M.; DE VASCONCELOS, L. L. C. Estratégia de cuidado na Atenção Especializada Ambulatorial: qualificação e ampliação do acesso. **Revista Divulgação em Saúde para Debate**, Rio de Janeiro, n. 51, p. 121-128, 2014. Disponível em: <http://cebes.org.br/site/wp-content/uploads/2014/12/Divulgacao-51.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2019.

PEREIRA, Renata Oliveira. **Estudo das interleucinas inflamatórias intrarrenais em modelo experimental de obesidade**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2015.

PEREIRA, R. A relação entre Dislipidemia e Diabetes Mellitus tipo 2. **Cadernos UniFOA**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 17, p. 89-94, 2011.

RAVAGNANI F. C. P. et al. Treinamento aeróbio em intensidade leve à moderada altera positivamente o perfil metabólico e substratos teciduais em ratos alimentados com dieta hiperlipídica. **Revista brasileira de ciência e movimento**, v. 21, n. 1, p. 66-74, 2013. Disponível em: <https://btdt.ucb.br/index.php/RBCM/article/view/3441/2471>. Acesso em: 22 jul. 2019.

RUIVO, J. A.; ALCÂNTARA, P. Hipertensão arterial e exercício físico. **Revista portuguesa de Cardiologia**, Portugal, v. 31, n. 2, p. 151-158, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0870255111001107>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SCHIMIDT, M. I. et al. **Doenças crônicas não-transmissíveis no Brasil: carga e desafios atuais**. 2011. Disponível em: <http://dms.ufpel.edu.br/ares/bitstream/handle/123456789/222/1%20%202011%20Doen%E7as%20cr%F4nicas%20n%E3o%20transmiss%EDveis%20no%20Brasil.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 mar. 2018.

SENGER, N. Estudo da morfometria de adipócitos em ratos recém-desmamados submetidos a uma dieta hiperlipídica. **VII Jornada de Iniciação Científica**, São Paulo, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA – SBN. **Excesso de peso e suas consequências**. Disponível em: <https://sbn.org.br/publico/doencas-comuns/o-excesso-de-peso-e-suas-consequencias/>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SWAROWSKY, I. et al. Obesidade e fatores associados em adultos. **Cinergis**, Rio Grande do Sul, v. 13, n. 1, p. 64-71, 2012. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/cinergis/article/view/2845/2228>. Acesso em: 22 jul. 2019.

VARGAS, L. M. Estudo dos benefícios da mudança do hábito alimentar na função renal em ratos obesos. **XIII Jornada de Iniciação Científica**, São Paulo, 2017.

VIEIRA, N. T. Obesidade infantil. **Revista Uniplac**, v.4, n.1, 2016. Disponível em: <https://revista.uniplac.net/ojs/index.php/uniplac/article/view/2224>. Acesso em: 13 mar. 2018.

VIGILÂNCIA DE FATORES DE RISCO E PROTEÇÃO PARA DOENÇAS CRÔNICAS POR INQUÉRITO TELEFÔNICO – VIGITEL. **Estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2018** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças não Transmissíveis. – Brasília: Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/julho/25/vigitel-brasil-2018.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2019.

XAVIER, H. T. et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. V Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 101, n. 4, p. 1-22, 2013. Disponível em: http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2013/V_Diretriz_Brasileira_de_Dislipidemias.pdf. Acesso em: 18 jul. 2019.

Contatos: luana.aguiar760@gmail.com e patricia.fiorino@mackenzie.br